

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

І. С. Творошенко

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни

**«ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ
В ЗАДАЧАХ МОНІТОРИНГУ»**

*(для студентів 1 курсу денної форми навчання
спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій
спеціалізації (освітньої програми) «Геоінформаційні системи і технології»)*

Харків – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 2017

Творошенко І. С. Конспект лекцій з дисципліни «Геоінформаційні системи в задачах моніторингу» для студентів 1 курсу денної форми навчання спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій спеціалізації (освітньої програми) «Геоінформаційні системи і технології» / І. С. Творошенко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 55 с.

Автор канд. техн. наук, доц. І. С. Творошенко

Рецензент д-р техн. наук, проф. К. О. Метешкін

Рекомендовано кафедрою геоінформаційних систем, оцінки землі та нерухомого майна, протокол № 1 від 29.08.2016 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 МОНІТОРИНГ ЯК МЕТОД ПІЗНАННЯ ПРИРОДНИХ ЯВИЩ.....	5
1.1 Поняття моніторингу як системи.....	5
1.2 Методи опрацювання даних моніторингу земної поверхні.....	17
2 ДИСТАНЦІЙНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ ЗЕМЛІ.....	24
2.1 Системний підхід до збору інформації про природні явища.....	24
2.2 Використання аерокосмічної інформації в природоохоронних проектах.....	39
3 СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНСТРУМЕНТАРІЙ МОНІТОРИНГУ...	44
3.1 Використання інструментальних геоінформаційних систем під час моніторингу навколишнього середовища.....	44
3.2 Застосування геоінформаційних систем для вирішення задач екологічного моніторингу.....	49
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54

ВСТУП

Моніторинг є інформаційною основою для широкого спектру задач природоохоронної діяльності, отримані дані використовуються для наукових досліджень, оцінки стану навколишнього середовища та прийняття управлінських рішень. Моніторингові дані повинні бути прив'язані до певних об'єктів, до яких застосовуються географічні інформаційні системи, які дозволяють працювати з різними цифровими картографічними матеріалами, а також оперативно доповнювати їх свіжими моніторинговими даними.

Моніторинг лежить в основі кадастрових та геоінформаційних систем, екологічного системного аналізу. Використання геоінформаційних систем дозволяє оперативно отримувати інформацію за запитом та відображати її на картооснові, оцінювати стан екологічної системи і прогнозувати її розвиток.

Дисципліну «Геоінформаційні системи в задачах моніторингу» студенти вивчають на 1 курсі денної форми навчання спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій спеціалізації «Геоінформаційні системи і технології».

Метою викладання навчальної дисципліни «Геоінформаційні системи в задачах моніторингу» є формування розширених знань щодо функціональних можливостей геоінформаційних систем та набуття практичних навичок застосування геоінформаційних систем під час вирішення задач моніторингу.

Завданням вивчення дисципліни «Геоінформаційні системи в задачах моніторингу» є геоінформаційне моделювання у сфері моніторингу та вивчення методів вирішення задач моніторингу за допомогою геоінформаційних систем.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен мати компетентності пов'язані із:

- застосуванням на практиці теоретичних знань щодо моніторингових досліджень;
- застосуванням на практиці методів обробки, аналізу, синтезу польової та лабораторної екологічної інформації;
- вмінням вирішувати глобальні та регіональні геоекологічні проблеми;
- застосуванням на практиці методів апроксимації рельєфу, екологічного картографування, екологічної експертизи та моніторингу;
- вмінням читати знімки будь-якої тематики, вміти обробляти їх, працювати з картографічною основою в різних програмних комплексах;
- знанням моделей та форматів даних, введення просторових даних та організації запитів у геоінформаційних системах;
- застосуванням на практиці базових знань в галузі інформатики, геоінформатики та сучасних геоінформаційних технологій.

1 МОНІТОРИНГ ЯК МЕТОД ПІЗНАННЯ ПРИРОДНИХ ЯВИЩ

1.1 Поняття моніторингу як системи

План

1. Організація і структура моніторингу стану навколишнього середовища.
2. Види та мета моніторингу.
3. Засоби реалізації моніторингу: стаціонарні станції, пересувні пости, аерокосмічні системи, автоматизовані системи.
4. Всесвітня метеорологічна організація і міжнародний моніторинг забруднення біосфери.
5. Основні задачі досліджень навколишнього середовища.

Збереження навколишнього природного середовища та перехід сучасного людства до сталого розвитку є сьогодні однією з найважливіших проблем.

Охорона навколишнього середовища – це дуже складне та багатогранне завдання, яке вимагає для свого вирішення спільних зусиль країн і регіонів як глобальних, так і локальних [1].

У різних видах наукової і практичної діяльності людини здавна застосовує *метод спостереження* – спосіб пізнання, заснований на відносно тривалому цілеспрямованому та планомірному сприйнятті предметів і явищ навколишньої дійсності [2].

Відчуваючи на собі результати руйнуючої дії води, вітру, землетрусів, снігових лавин, людина здавна реалізувала елементи моніторингу, накопичуючи досвід прогнозування погоди та стихійних лих.

Блискучі зразки організації спостережень за природним середовищем описані ще в першому столітті нашої ери в «Природній історії» Гая Секунда Плінія (старшого).

Набагато пізніше, в XX сторіччі, в науці виник термін «моніторинг» для визначення системи повторних цілеспрямованих спостережень за одним або більше елементами навколишнього природного середовища в просторі та часі.

Термін «моніторинг» з'явився перед проведенням Стокгольмської конференції ООН по навколишньому середовищу у 1972 році як доповнення поняття «контроль».

Моніторинг – спеціально організоване, систематичне спостереження за станом об'єктів, явищ, процесів з метою їх оцінки, контролю або прогнозу [1].

Моніторинг навколишнього середовища (екологічний моніторинг) – інформаційна система постійного спостереження та регулярного контролю, що проводиться за певною програмою для оцінки поточного стану навколишнього природного середовища, аналізу всіх процесів, що відбуваються в ньому в даний період, а також завчасного виявлення можливих тенденцій його зміни.

Блок-схема системи моніторингу показана на рисунку 1.1.

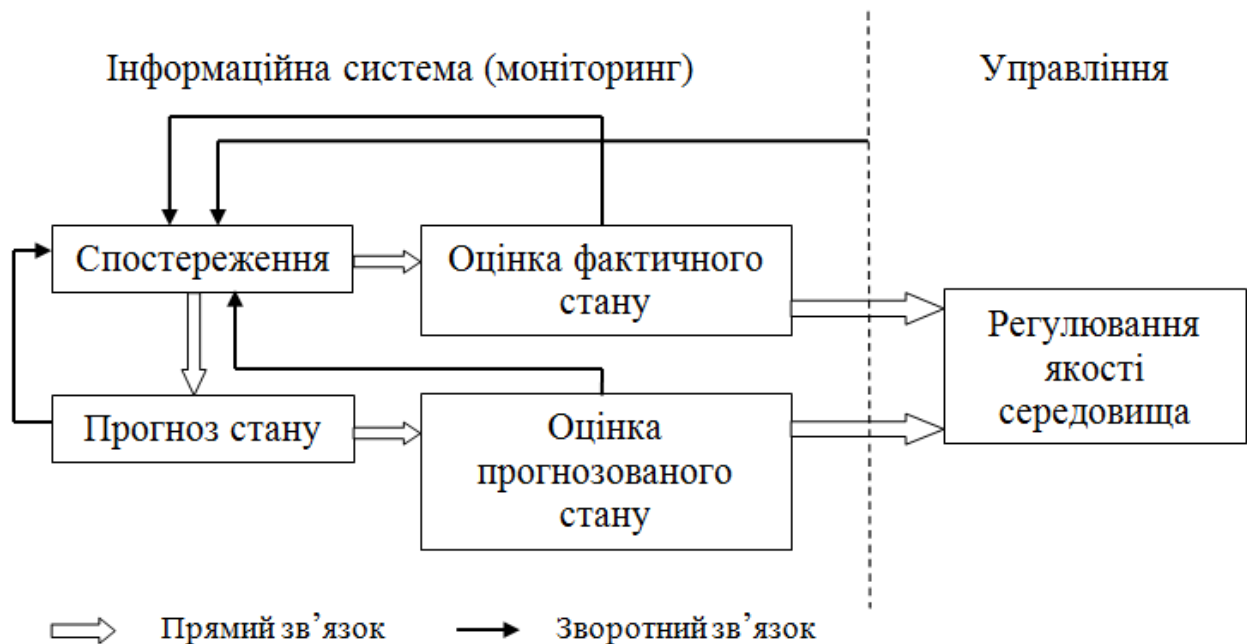


Рисунок 1.1 – Блок-схема системи моніторингу

Об'єктами моніторингу можуть бути природні, антропогенні або природно-антропогенні екосистеми.

Предметом моніторингових досліджень є сукупність об'єктів навколишнього середовища, схильних до природним динамічних змін і до перетворень з боку людини.

Основна мета моніторингу – запобігання негативних наслідків, пов'язаних з господарською діяльністю людини.

Вимоги до організації моніторингових спостережень:

- комплексний характер (дослідження сукупності природних об'єктів та факторів, що на них впливають, а також використання арсеналу методів);
- систематичність спостереження (за станом середовища та оперативність отримання інформації);
- репрезентативність (під час вибору об'єктів необхідно враховувати типовість (або унікальність) фізико-географічних умов, напрямок та ступінь антропогенного впливу як на регіональному, так і на локальному рівнях).

Згідно методики моніторингові спостереження проводять одночасно по одній і тій же програмі на змінній людиною території та на ділянках з непорушеною природою.

Основні положення про моніторинг викладені у таких документах:

- закон України «Про охорону навколишнього середовища»;
- постанова Кабінету Міністрів України № 391 від 30.03.1998 року «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля»;
- постанова Кабінету Міністрів України № 343 від 09.03.1999 року «Про затвердження Порядку організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря»;
- постанова Кабінету Міністрів України № 815 від 20.07.1996 року «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод»;
- постанова Кабінету Міністрів України № 661 від 20.08.1993 року «Про затвердження Положення про моніторинг земель»;
- постанова Кабінету Міністрів України № 51 від 26.02.2004 року «Про затвердження Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення».

Постановою Кабінету Міністрів України № 1551 від 17.11.2001 року створено Міжвідомчу комісію з питань моніторингу довкілля.

В екологічній системі передбачається постійний та безперервний круговорот речовин, але процес розкладання різних відходів за часом відбувається не однаково. Якщо переробка деяких відходів, наприклад, паперу, тканини, органіки не складна або вони самотійно та швидко розкладаються, то розпад відходів, наприклад, з металу, пластику, синтетичних матеріалів, сильно уповільнений або практично не відбувається, тому необхідна їх переробка, що, в свою чергу, вимагає певних додаткових витрат.

Основне завдання екологічного моніторингу навколишнього середовища – максимальне забезпечення систем управління екологічної безпеки та природоохоронної діяльності достовірною інформацією, на підставі якої можуть бути проведені:

- оцінка показників стану та функціональної цілісності навколишнього природного середовища;
- виявлення причин відхилення показників у стані навколишнього природного середовища;
- оцінка наслідків зміни показників;
- визначення та прийняття рішень для ліквідації причин відхилення показників і забезпечення завчасного попередження негативних ситуацій.

Послідовність стадій моніторингу така:

- вимір;
- аналіз;
- опис;
- моделювання;
- оптимізація.

Для розумного управління природокористуванням необхідно оперувати даними про те, яке середовище є оптимальним для нормальних умов життя людини. Параметри такого середовища не є постійними, а змінюються під впливом діяльності людини [3].

Найбільшій актуальності набуває екологічний моніторинг антропогенних змін – система спостережень, оцінки та прогнозу стану навколишнього середовища, що створена з метою виділення антропогенної складової цих змін на фоні природних процесів.

Найбільш небезпечні зміни в екологічну систему, природні комплекси та ландшафт причиняє саме господарська діяльність та техногенний вплив людства на навколишнє природне середовище.

За допомогою екологічного моніторингу здійснюється аналіз та прогнозування стану екологічної системи, включаючи природно-технічні підсистеми та медико-гігієнічні показники середовища проживання людини.

Моніторинг охоплює весь спектр аналізу спостережень за мінливою абіотичною складовою біосфери і за реакцією екосистем у відповідь на ці зміни, включаючи як геофізичні, так і біологічні аспекти, що визначає широкий спектр методів та прийомів досліджень, використаних під час його здійснення.

За своїм структурно-функціональним складом моніторинг навколишнього середовища об'єднує в собі всі необхідні компоненти [4]:

- інформаційно-апаратне забезпечення;
- систему організації вимірювань;
- сукупність методик аналізу результатів спостережень.

Класифікація моніторингу

Залежно від конкретних цілей, завдань та об'єктів спостереження існують різні підходи до класифікації моніторингу (за характером вирішуваних завдань, за рівнями організації, за природними середовищами, за якими ведуться спостереження).

Розглянемо класифікацію І. П. Герасимова, який розрізняє три ступені моніторингу: біоекологічний (санітарно-гігієнічний), біосферний (глобальний), геосистемний (природо-господарський).

Під час *біоекологічного* (локального) моніторингу передбачається контроль над вмістом токсичних для людини хімічних речовин в атмосфері, природних водах, рослинності, ґрунті, схильних до впливу конкретних джерел забруднення (промислові підприємства, будівництва, рудники, меліоративні системи, підприємства енергетики). Виявляють джерело забруднення та ступінь забруднення природних середовищ.

Стан навколишнього середовища оцінюють з точки зору здоров'я людини, що служить найважливішим, ємним та комплексним показником. Проводять локальний моніторинг гідрометеорологічні, водогосподарські та санітарно-епідеміологічні служби.

Виділяють також імпактний моніторинг.

Імпактний моніторинг – моніторинг регіональних та локальних антропогенних впливів на навколишнє середовище в особливо небезпечних зонах та місцях. Як правило, це моніторинг реальних викидів, аварій, катастроф. Мета такого виду моніторингу – оцінити ступінь шкоди для навколишнього природного середовища та людини.

Біосферний (фоновий, глобальний) моніторинг передбачає контроль за загальнопланетарними змінами в біосфері, які пов'язані з діяльністю людини.

Основні завдання біосферного моніторингу такі:

- встановлення взаємозв'язку між забрудненням, структурою та функціонуванням екосистем, їх ланок, популяцій або окремих організмів;
- визначення переліку тих показників та вимірювань, які необхідні для спостереження і оцінки існуючого стану екосистеми та прогнозу зміни його в майбутньому;
- аналіз шляхів та швидкостей перетворення забруднюючих речовин в екосистемі;
- визначення критичних рівнів показників навколишнього середовища.

Геосистемний (геоекологічний, регіональний, природо-господарський) моніторинг повинен давати оцінку антропогенного впливу на природне середовище у ході звичайної господарської діяльності людини, яка обов'язково передбачає той чи інший вид взаємодії з природою (містобудування, сільське господарство, промисловість, енергетика, лісове господарство, рибальство, комунально-побутову діяльність).

Цей вид моніторингу передбачає оцінку взаємодії людини та природи у всіх напрямках і дає характеристику привнесення та виносу з природного середовища речовини та енергії. Регіональний моніторинг проводять агрослужба, гідрокліматична, сейсмологічна та інші служби.

За об'єктами спостережень розрізняють такі види моніторингу:

- атмосферний,
- повітряний,
- водний,
- ґрунтовий,
- кліматичний,
- рослинності,
- здоров'я населення і т.д.

За територіальною ознакою виділяють такі види моніторингу:

- локальний – забезпечує спостереження в особливо небезпечних зонах та місцях, що безпосередньо прилягають до джерел забруднюючих речовин;
- регіональний – охоплює окремі регіони, у межах яких спостерігаються процеси та явища, що відрізняються за природним характером або за антропогенним впливом природних біологічних процесів;
- глобальний (біосферний) – передбачає стеження за загальносвітовими процесами та явищами в біосфері, а також здійснення прогнозу можливих змін;
- базовий – використовують віддалені від промислових регіонів території, в тому числі біосферні заповідники.

За використаними методами виділяють такі види моніторингу:

- наземний;
- авіаційний;
- космічний.

За методами досліджень розрізняють такі види моніторингу:

- хімічний;
- біологічний (об'єкти: приземний шар повітря, поверхневі та ґрунтові води, промислові та побутові стоки і викиди, радіоактивні випромінювання);
- фізичний та інші.

Існують також класифікації систем моніторингу за факторами, джерелами та масштабами впливу та інші.

Ключовим компонентом моніторингу навколишнього середовища є моніторинг стану біосфери або біологічний моніторинг.

Таким чином, екологічний моніторинг включає як геофізичні, так і біологічні аспекти, що визначає широкий спектр методів та прийомів досліджень, що використовуються під час його здійснення.

Моніторинг є багаторівневою системою, за характером узагальнення даних екологічного моніторингу навколишнього середовища виділяють системи детального, локального, регіонального, національного та глобального рівнів.

Нижчим ієрархічним рівнем є рівень *детального* моніторингу, реалізованого в межах невеликих територій.

Під час об'єднання систем детального моніторингу в більш велику мережу (наприклад, у межах району) утворюється система моніторингу локального рівня. Локальний моніторинг призначений забезпечити оцінку змін системи на більшій площі, наприклад, на території міста чи району.

Локальний моніторинг, зазвичай, ведуть стосовно до окремих об'єктів, наприклад, лісових, водних, гірських, які найчастіше схильні до інтенсивного антропогенного впливу. Прикладом локального моніторингу є постійна система спостереження та контролю забруднення повітря в містах, на транспортних магістралях, що здійснюється за допомогою стаціонарних, пересувних або підфакельних постів.

Критерії якості навколишнього середовища найвиразніше визначені на локальному рівні, мета якого полягає в забезпеченні стратегії господарювання, при якій концентрації пріоритетних забруднюючих речовин антропогенного походження не виходять за допустимі межі.

Різновид локального – імпактний моніторинг здійснюється, як правило, в особливо небезпечних зонах та місцях.

Локальні системи можуть об'єднуватися у ще більші системи (регіонального моніторингу) для стеження за процесами та явищами в межах значного за площею району (краю або області, або в межах кількох з них), який, зазвичай, відрізняється від сусідніх за природними умовами. Це, наприклад, природні зони, ландшафтні комплекси, рекреаційні території навколо міст.

Системи *регіонального* моніторингу можуть об'єднуватися у межах однієї держави в єдину національну (або державну) мережу моніторингу, утворюючи, таким чином, *національний* рівень системи моніторингу.

У рамках екологічної програми Організації Об'єднаних Націй (ООН) поставлено завдання об'єднати національні системи моніторингу в єдину міждержавну мережу «Глобальну систему моніторингу довкілля».

Глобальний моніторинг – це система стеження за станом та прогнозування можливих змін загальносвітових процесів і явищ, включаючи антропогенний вплив на біосферу Землі в цілому.

Глобальна система моніторингу навколишнього середовища та ресурсів покликана вирішувати загальнолюдські екологічні проблеми в рамках Землі.

Наприклад, глобальне потепління клімату, проблема збереження озонового шару, прогноз землетрусів, збереження лісів, глобальне опустелювання, ерозія ґрунтів, повені, запаси харчових і енергетичних ресурсів.

Конкретні цілі глобального моніторингу та його об'єкти визначаються у ході міжнародного співробітництва в рамках різних міжнародних угод та декларацій. Прикладом такої системи є глобальна мережа спостереження сейсмомоніторингу Землі, що діє в рамках Міжнародної програми контролю за вогнищами землетрусів.

Екологічний моніторинг навколишнього середовища передбачає спостереження за подіями у біосфері та за процесами техносфери з метою прогнозування можливих змін їх якості, можливих погіршень середовища проживання людини.

Екологічний моніторинг є інформаційною основою для широкого спектра природоохоронної діяльності. Отримані дані використовуються для наукових досліджень, оцінки стану навколишнього середовища та прийняття управлінських рішень.

Слід зазначити, що система моніторингу навколишнього середовища не включає в себе діяльність по управлінню якістю навколишнього середовища, адже вона є джерелом інформації, необхідної для прийняття екологічно важливих та своєчасних рішень.

До основних процедур екологічного моніторингу відносять [1]:

- виділення об'єкту спостереження та його обстеження;
- складання інформаційної моделі для виділеного (певного) об'єкту;
- планування вимірювань;
- оцінювання поточного стану об'єкту спостереження;
- ідентифікація інформаційної моделі об'єкту спостереження;
- прогнозування зміни поточного стану об'єкту;
- надання отриманої інформації споживачеві в зручній для нього формі.

Важливими елементами структури екологічного моніторингу є:

- системи об'єктів моніторингу – повітря, вода, ґрунт та інше;
- системи виробничих робіт – види робіт, що включають організацію та проведення екологічного моніторингу;
- системи наукових та методичних розробок – розробка комплексу методик, необхідних під час планування та проведення моніторингу, аналізу результатів спостережень, їх оцінці, під час прогнозування та видачі рішень;
- системи технічного забезпечення – лабораторне обладнання, апаратура для збору інформації, комп'ютери, технічні засоби, транспорт, засоби зв'язку.

Оскільки компонентами навколишнього середовища є повітря, вода, мінерально-сировинні ресурси, енергетичні ресурси, біоресурси, ґрунт та інші, то виділяють відповідні їм підсистеми моніторингу.

Комплексний екологічний моніторинг довкілля – це організація системи спостережень за станом об’єктів навколишнього природного середовища для оцінки фактичного рівня забруднення та попередження про критичні ситуації, які є шкідливими для здоров’я людей та інших живих організмів.

Під час проведення комплексного екологічного моніторингу навколишнього середовища забезпечуються:

а) постійна оцінка екологічних умов середовища проживання людини та біологічних об’єктів (рослин, тварин, мікроорганізмів), оцінка стану та функціональної цілісності екосистем;

б) умови для визначення коригувальних дій у тих випадках, коли цільові показники екологічних умов не досягаються.

Науково обґрунтований моніторинг навколишнього середовища здійснюється відповідно до *Програми моніторингу навколишнього середовища*, така Програма повинна включати в себе спільні цілі організації, конкретні стратегії його проведення та механізми реалізації.

Ключовим елементом будь-якої Програми моніторингу довкілля є:

– перелік об’єктів, що знаходяться під контролем, їх територіальна прив’язка (хорологічна організація моніторингу);

– перелік показників контролю та допустимих областей їх зміни (параметрична організація моніторингу);

– тимчасові масштаби – періодичність відбору проб, частота та час подання даних (хронологічна організація моніторингу).

У додатку Програми моніторингу повинні бути присутніми таблиці із зазначенням місця, дати та методу відбору проб та подання даних.

Системи наземного дистанційного спостереження

У даний час в програмах моніторингу, крім традиційного «ручного» пробовідбору, зроблено акцент на збір даних з використанням електронних вимірювальних пристроїв дистанційного спостереження у режимі реального часу. Проводять підключення до базової станції через телеметричні мережі або через наземні лінії, стільникові телефонні мережі, інші телеметричні системи.

Перевагою дистанційного спостереження є те, що в одній базі для зберігання та аналізу можуть використовуватися багато каналів даних, це різко підвищує оперативність моніторингу при досягненні граничних рівнів контрольованих показників, наприклад, на окремих ділянках контролю.

Такий підхід дозволяє за даними моніторингу ужити негайних дій, якщо граничний рівень перевищено.

Слід зазначити, що використання систем дистанційного спостереження вимагає установки спеціального обладнання (датчиків моніторингу), які, зазвичай, маскуються для зниження вандалізму та злочинства, коли моніторинг проводиться в легкодоступних місцях.

Системи дистанційного зондування

У програмах моніторингу широко задіяне дистанційне зондування навколишнього середовища з використанням літаків або супутників, забезпечених багатоканальними датчиками.

Розрізняють два види дистанційного зондування:

– пасивне виявлення земного випромінювання, що випускається, або відбитого від об'єкта чи в околі спостереження. Найбільш поширеним джерелом випромінювання є відбите сонячне світло, інтенсивність якого вимірюється пасивними датчиками.

Датчики дистанційного зондування навколишнього середовища налаштовані на конкретні довжини хвиль – від далекого інфрачервоного до далекого ультрафіолетового, включаючи і частоти видимого світла.

Величезні обсяги даних, які збираються під час дистанційного зондування навколишнього середовища вимагають потужної обчислювальної підтримки, це дозволяє проводити аналіз відмінностей в радіаційних характеристиках середовища даних дистанційного зондування, успішно виключати різні шуми.

При декількох спектральних каналах вдається посилити контрасти, які непомітні для людського ока. Зокрема, під час здійснення моніторингу біоресурсів можна розрізняти тонкі відмінності зміни концентрації в рослинах хлорофілу, виявивши області з різницею поживних режимів;

– при активному дистанційного зондування з супутника або літака випромінюється енергія та використовується пасивний датчик для виявлення і вимірювання випромінювання, відбитого або розсіяного об'єктом вивчення.

Дистанційне зондування дозволяє збирати дані про небезпечні або важкодоступні райони. Застосування дистанційного зондування включає моніторинг лісів, наслідки дії зміни клімату на льодовики Арктики та Антарктики, дослідження прибережних та океанських глибин.

Дані з орбітальних платформ, що отримані з різних частин електромагнітного спектру в поєднанні з наземними даними, щорічно надають інформацію для контролю тенденцій прояву довгострокових та короткострокових явищ, природних та антропогенних.

Інші області застосування включають управління природними ресурсами, планування використання землі, а також різні галузі наук про Землю.

Ефективність екологічного моніторингу навколишнього природного середовища залежить багато в чому від наукового обґрунтування його методологічних та теоретичних основ, показників антропогенних порушень та змін у біосфері, критеріїв оцінки різних чинників.

Вирішення цих питань може істотно підвищити рівень значущості результатів, отриманих у ході реалізації програми екологічного моніторингу навколишнього середовища.

Складність організації моніторингу навколишнього середовища залежить від його рівня. З урахуванням рівня екологічного моніторингу для його ефективного здійснення повинні бути створені мережі станцій, пункти, пости спостережень з сучасним спеціальним обладнанням. Не менш важливим питанням організації повноцінного функціонування системи екологічного моніторингу навколишнього природного середовища є її фінансове та технологічне забезпечення.

Негативні наслідки господарської діяльності та техногенного впливу людини на навколишнє середовище для біосфери сьогодні вже об'єктивна реальність. Однак, негативні результати антропогенного впливу в сучасних умовах розвитку людської цивілізації не є неминучими.

Багато в чому погіршення стану навколишнього середовища пов'язані з нераціональним використанням природних ресурсів, низьким рівнем розробки та подальшого впровадження сучасних безвідходних технологій, помилками в екологічній та технічній політиці, малою вивченістю можливих наслідків антропогенного впливу на екосистему.

Таким чином, постійний моніторинг навколишнього середовища поточного стану та кваліфіковане визначення тенденцій зміни навколишнього природного середовища є надзвичайно важливим для довгострокового прогнозування якості екологічної системи і практичних дій щодо її поліпшення.

Отже, моніторинг навколишнього середовища (екологічний моніторинг) – це система спостережень та контролю, що проводяться регулярно за певною програмою для оцінки стану навколишнього середовища, аналізу процесів, що в ній відбуваються, та своєчасного виявлення тенденцій її змін.

Результати моніторингу вказують на складність та неоднозначність впливу антропогенної діяльності на навколишнє середовище. Для аналізу отриманих даних, а також для прогнозування на основі обробки цих даних виділяються колосальні обчислювальні потужності. Грамотна оцінка ситуації дає нам інформацію про якість навколишнього середовища, існуючі резерви системи та дозволяє реалізувати екологічно доцільні управлінські рішення.

Об'єкти моніторингу – це навколишнє середовище в цілому та її окремі елементи, а також всі види господарської діяльності, що становлять потенційну загрозу для здоров'я людей та екологічної безпеки.

Об'єктами моніторингу є:

- атмосфера (моніторинг приземного шару атмосфери та верхньої атмосфери);
- атмосферні опади (моніторинг атмосферних опадів);
- поверхневі води суші, океани та моря, підземні води (моніторинг гідросфери), кріосфера (моніторинг складових кліматичної системи).

Метою екологічного моніторингу є забезпечення системи управління безпекою своєчасною та достовірною інформацією.

Основними рівнями моніторингу є:

- глобальний (охоплюється вся планета, проводиться міжнародними екологічними організаціями);
- національний (у рамках однієї держави з метою отримання інформації та забезпечення національної екологічної безпеки);
- регіональний та локальний (у рамках одного міста або промислового об'єкту).

Основними принципами організації моніторингу є:

- комплексність;
- систематичність;
- уніфікованість.

Раціональне природокористування передбачає управління природними процесами, а щоб управління було досить ефективним, необхідно мати дані про динамічні властивості цих об'єктів, їх зміну в результаті антропогенного впливу, передбачити наслідки втручання людини в хід природних процесів.

Дана інформація потрібна в повсякденному житті людей, при веденні господарства, у будівництві, при надзвичайних обставинах – для попередження про небезпечні явища природи, що насуваються.

Найбільш повно дані моніторингу використовуються у системі державних кадастрів. Кадастрові системи необхідні для збору інформації про стан навколишнього середовища.

Задачі обліку та реєстрації змін компонентів навколишнього середовища з'явилися у зв'язку з потребами ринку в правовій підтримці угод з нерухомістю. Кадастрова оцінка просторових об'єктів є необхідною умовою для встановлення плати за ресурс, регулювання правових відносин та складання прогнозних моделей, вирішення завдань перспективного управління.

1.2 Методи опрацювання даних моніторингу земної поверхні

План

1. Основні методи, які застосовуються для вирішення задач дослідження навколишнього середовища.

2. Загальна технологічна схема вирішення задач моніторингу.

Існують такі методи, які застосовуються для вирішення задач дослідження навколишнього середовища:

1. Біоіндикація (виявлення змін природного середовища за допомогою організмів або їх співтовариств).

Переваги живих індикаторів:

- необов'язкове застосування дорогих фізичних та хімічних методів для вимірювання біологічних параметрів;

- підсумовують всі без винятку біологічно важливі дані про навколишнє середовище та відображають його стан в цілому;

- вказують на шлях та місце скупчень у різних екосистемах токсикантів;

- дозволяють робити висновок про ступінь шкідливості тих чи інших речовин для живої природи та людини.

Біоіндикація буває таких видів:

- неспецифічна (зміна під дією різних факторів);

- специфічна (зміна під дією одного фактора);

- реєструюча (реакція на зміну стану навколишнього середовища зміною чисельності, пошкодженням тканин, зміною швидкості росту);

- за акумуляцією (забруднюючі речовини концентруються у певних органах та частинах тіла).

2. Геофізичний (програма досліджень включає інструментальне визначення радіаційного, теплового та водного балансів).

3. Геохімічний (вивчення функціонування та розвитку природних систем на основі результатів аналізу міграції хімічних елементів).

4. Картографічний моніторинг (контроль, оцінка та прогноз стану навколишнього середовища за допомогою побудови карт різного походження).

Оперативні карти небезпечних явищ, наприклад, лісових пожеж повинні бути складені в досить великому масштабі від 1:100 000 до 1:1 000 000.

5. Аерокосмічний моніторинг (заснований на безконтактній реєстрації електромагнітних хвиль відбитого сонячного світла та власного випромінювання поверхні Землі з літаків, вертольотів та космічних апаратів).

Аерокосмічний моніторинг включає:

- складання тематичних карт, що відображають розподіл та стан природних і антропогенних об'єктів на початковій стадії моніторингу;
- здійснення регулярного картографічного стеження за змінами, що відбуваються з природними та антропогенними об'єктами на підставі регулярно повторюваних аерокосмічних зйомок.

Переваги аерокосмічного моніторингу:

- можливість з досить частою повторюваністю (навіть безперервністю) проводити спостереження у часі;
- отримання на одному зображенні приближених і віддалених територій;
- можливість просторово-часового аналізу одночасно декількох компонентів природи в їх взаємозв'язку.

Аерокосмічний моніторинг буває таких видів:

- фотографування у видимій частині спектру (довжина хвиль від 0,4 мкм до 0,8 мкм) та в ближньому інфрачервоному спектрі (довжина хвиль від 0,8 мкм до 1,1 мкм);
- телевізійна зйомка (перспективна для реєстрації швидко мінливих природних та природно-антропогенних явищ, наприклад, пилових бур, пожеж та повеней).

6. Спектрометричної індикації (визначення характеристик відбивної здатності природних та антропогенних утворень за коефіцієнтом спектральної яскравості).

7. Інфрачервоної індикації (реєстрація довгохвильового відображення сонячного світла від 0,7 мкм до 2,5 мкм та власного теплового випромінювання Землі від 3 мкм та більше).

8. Мікрохвильової індикації (реєстрація пасивного радіотеплового випромінювання Землі в діапазоні від 0,3 см до 30 см).

Під час вирішення задач дослідження навколишнього середовища використовують дані таких супутникових систем:

- AARGOS – глобальна система спостереження за навколишнім середовищем;
- ENVISAT – супутник Європейського космічного агентства по вивченню навколишнього середовища;
- GOMS – геостаціонарний метеорологічний супутник спостереження за навколишнім середовищем;
- JERS – супутник Японського космічного агентства по вивченню природних ресурсів Землі.

Системи національного моніторингу функціонують у різних державах згідно міжнародних вимог, а також специфічних підходів, що склалися історично або обумовлені характером найбільш гострих екологічних проблем.

Всесвітня метеорологічна організація здійснює міжнародний обмін основними кліматичними даними та виконує кліматичний моніторинг.

Кліматичний моніторинг – інформаційна система, що дозволяє виділяти антропогенні зміни та коливання клімату.

Природні та антропогенні зміни клімату зможуть, в свою чергу, вплинути на стан біосфери, викликаючи різні екологічні наслідки, на нормальне функціонування окремих популяцій рослин та тварин, а також на господарську діяльність людини, на її здоров'я та добробут.

Тобто, кліматичний моніторинг є частиною екологічного моніторингу.

Система аерокосмічного моніторингу складається з таких елементів:

- бази даних вихідної інформації;
- регулярно чи періодично заповнюваної бази аерокосмічних матеріалів;
- системи оперативного дешифрування (інтерпретації) матеріалів аерокосмічних зйомок.

Вимоги до бази даних вихідної інформації:

- мати максимум інформації, займаючи мінімальний обсяг пам'яті;
- забезпечувати завдяки легкому доступу швидку обробку інформації;
- володіти гнучкістю щодо доступу, пошуку та обробки даних;
- містити всю необхідну статистичну інформацію;
- мати захист від несанкціонованого доступу на будь-якому рівні.

Перші автоматичні системи спостереження за параметрами зовнішнього середовища були створені у військових та космічних програмах.

У даний час процес мініатюризації електронних схем дійшов майже до молекулярного рівня, роблячи реальним повністю автоматизовані, з всеосяжним програмним забезпеченням, складні багатоцільові і в той же час компактні, повністю автономні системи стеження за якістю навколишнього середовища.

Основними структурними блоками сучасних автоматизованих систем моніторингу є:

- датчики параметрів навколишнього середовища – температури, концентрації солі у воді, сонячної радіації, іонної форми, металів у водному середовищі, концентрацій основних забруднень атмосфери і вод та інші;
- датчики біологічних параметрів – приросту деревини, проективного покриття рослинності, гумусу ґрунтів та інші;

– автономне електроживлення на основі досконалих акумуляторів або сонячних батарей;

– мініатюризовані радіопередавальні та радіоприймаючі системи, що діють на відносно коротку відстань від 10 км до 15 км.;

– компактні радіостанції, що передають на сотні та тисячі кілометрів;

– системи супутникового зв'язку, найчастіше пов'язані з системами глобального позиціонування (наприклад, GPS);

– сучасна обчислювальна техніка, включаючи мобільні пристрої;

– спеціальне програмне забезпечення.

Глобальна система спостережень складається з:

– супутникової підсистеми;

– наземної підсистеми.

Синоптична мережа станцій спостереження Всесвітньої метеорологічної організації складається з:

– наземних станцій;

– аерологічних станцій;

– станцій з районів Світового океану.

Інформація зі стаціонарних постів спостереження надходить в регіональні пункти спостережень, а далі в центр збору та аналізу інформації. У світі таких центрів близько дев'яти, між ними здійснюється обмін інформацією.

Коли обрані об'єкти та параметри моніторингу, необхідно визначити число та розташування місць спостереження, а також режим проведення спостережень. По можливості слід врахувати всі фактори, що впливають на результати моніторингу.

Наприклад, якщо необхідно оцінити наскільки стічні води підприємства забруднюють річку (і чи вони забруднюють), то потрібно вибрати точки відбору проб нижче і вище за течією місця можливого скидання забруднюючих речовин (може виявитися, що вода в річці вже тривалий час забруднена досліджуваною речовиною, а кількість стічних вод підприємства незначна).

Під час дослідження атмосферного забруднення зацікавленість викликають не лише рівні забруднення по місту в цілому (використовуються стаціонарні та маршрутні пости спостережень, таку інформацію, як правило, можна отримати у державних структур, зайнятих у системі моніторингу навколишнього середовища).

Якщо певне підприємство досить сильно забруднює повітря міста, то доцільно сконцентрувати увагу на підфакельних спостереженнях.

У даному випадку суттєвою частиною роботи є встановлення переважного напрямку руху факела і розташування пунктів відбору проб. Слід також врахувати, що наявність труби переносить факел викиду на значну відстань. Якщо димовий факел непомітний, то напрямок його руху визначається за напрямком вітру на висоті викиду, запахом характерного інгредієнта, що надходить з досліджуваного джерела, за видимим смолоскипом прилеглих джерел.

Під час організації мережі спостереження за рівнем забруднення повітря в містах, особливо мережі моніторингу джерел забруднення, необхідно мати на увазі, що деякі низько розміщені (автотранспорт) і дрібні (пічні труби житлових будинків) джерела можуть вплинути на локальний рівень забруднення більш істотно, ніж високо розташовані джерела (викид з високих труб).

Слід підкреслити, що під час планування пробовідбору (спостережень) слід враховувати флуктуації (періодичність) потужності викидів або скидів у часі. Необхідно впевнитися, що система спостереження зафіксує ці флуктуації (особливо важливо під час моніторингу забруднення атмосферного повітря, оскільки концентрації забруднюючих речовин у цьому середовищі змінюються дуже швидко).

Після визначення місць пробовідбору настає стадія проведення вимірів та спостережень, що включає польові операції та лабораторні дослідження.

Лабораторні аналізи і польові виміри повинні проводитися з посиланням на використані методики та рекомендації.

У ході роботи необхідні контроль якості даних та їх коректна і грамотна інтерпретація. Контроль якості даних може здійснюватися із застосуванням статистичних методів, виконанням аналізу шифрованих проб.

Слід приділяти пильну увагу методам обробки та зберігання первинної інформації: необхідно вести щоденник досліджень, у якому записувати всі дії із зазначенням часу, місця проведення спостережень, поміщати допоміжні схеми, рисунки, фотографії.

У цілому програма моніторингу повинна:

- бути науково обґрунтованою;
- бути досить гнучкою, допускати перегляд завдань та підходів на основі отриманих результатів;
- давати значимі результати, тобто результати, що несуть осмислену інформацію, яку можна інтерпретувати;
- бути економічною, повністю керованою та контрольованою з точки зору матеріальних та тимчасових обмежень.

Вибір методів та засобів вимірювань параметрів джерел впливу та стану навколишнього середовища залежить не тільки від того, за яким параметром ведеться спостереження, а й від задач програми в цілому.

Не завжди необхідно залучення інструментальних методів визначення забруднюючих речовин, тому що існують досить прості та інформативні прийоми, які не потребують складного обладнання та високої професійної підготовки (візуальні методи, деякі способи біоіндикації).

Загальна захащеність території населеного пункту або кількість просипів сировинного компонента в цеху підприємства можуть бути оцінені візуально чи задокументовані за допомогою фотографії або відображені на картах / схемах місцевості.

У деяких випадках можна успішно поєднувати прості методи спостереження з інструментальними методами за таким принципом: є видима зміна фактору впливу, необхідно проводити дослідження з використанням аналітичних досліджень. Наприклад, підвищені концентрації вільного хлору в стічних водах будуть супроводжуватися посиленням характерного запаху, надалі можна відібрати пробу води для аналізу. Підвищені концентрації оксиду азоту будуть причиною рудого окрасу газів, що відходять (знаменитий «лисячий хвіст»), потім можна здійснити необхідні вимірювання.

Звичайним кондуктоміром проводиться вимірювання різкого підвищення мінералізації в річковій воді після випуску стічних вод, що може свідчити про зростання концентрації забруднюючих речовин у скиданні або про аварійну ситуацію, у цьому випадку необхідно провести детальний аналіз проб води.

У наведених прикладах прості методи застосовуються для ідентифікації факторів впливу або їх змін, а більш складні інструментальні – для детального визначення параметрів факторів впливу, підтвердження результатів візуальних спостережень. Детальному опису методик аналізу повітряного та водного середовищ, снігового покриву, ґрунтів присвячені численні нормативні документи, навчальні посібники та довідники.

Якщо для вирішення поставлених задач необхідні саме інструментальні методи, то до роботи залучають професіоналів.

Точність вимірювань – характеристика якості вимірювань, що відображає рівень відхилень вимірів від істинних значень.

Висока точність вимірювань відповідає малим складових похибок усіх видів (як випадкових, так і систематичних).

Похибка вимірювання – характеристика результату вимірювання, що є відхиленням знайденого значення величини від її справжнього значення.

Розрізняють абсолютну похибку вимірювань, що виражається в одиницях вимірюваної величини, і відносну похибку вимірювань, що є відношенням абсолютної похибки до дійсного значення вимірюваної величини (у частках одиниць або у відсотках).

Похибка вимірювання – результат впливу на засіб вимірювань та вимірювану величину несприятливого впливу факторів (коливань температури, електромагнітних завад), недосконалість самого методу та засобів вимірювань (неточність початкового градуювання, нестабільність у часі).

Розрізняють випадкові та невраховані систематичні похибки вимірювань. Випадкова похибка вимірювань визначається розкидом результатів під час повторних вимірів та характеризується середнім квадратичним відхиленням (дисперсією) від середнього значення вимірювань.

Джерела систематичних похибок певного методу можна встановити, якщо провести контрольні вимірювання з використанням інших відомих методик (інтеркалібровка).

Межа виявлення – це мінімальний зміст досліджуваного компоненту, за певною методикою можна виявити його присутність із заданою похибкою.

Термін *чутливість* (використовується для позначення нижньої межі визначених змістів) характеризує зміну аналітичного сигналу, що відповідає зміні концентрації речовини, що досліджується. Слід зазначити, що межа виявлення характеризує мінімальний вміст речовини, яку можна визначити за допомогою певного методу, а чутливість – це мінімальна різниця між змістами речовини, яку даний метод здатний «помітити» або «відчути».

Необхідно вибрати методи, межа виявлення яких від 10 до 15 разів перевищує вимірювані концентрації. Слід зазначити, що обрана методика аналізу повинна мати межу виявлення приблизно на порядок нижче гранично допустимої концентрації.

Варто окремо відмітити моніторинг біологічних об'єктів, у цій області ще слабо формалізовані методи оцінки, але потреба у визначенні якості середовища дуже висока.

Для розуміння закономірностей функціонування популяції видового, екосистемного рівнів та надекосистемних структур необхідно застосовувати новітні розробки цього напрямку – методи біоіндикації, спектр математичних методів порівняльного аналізу компонентів біорізноманіття, інформаційні технології для обробки екологічних даних, системи штучного інтелекту.

Слід зазначити, що система екологічного моніторингу не обмежується збором інформації про навколишнє середовище.

2 ДИСТАНЦІЙНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ ЗЕМЛІ

2.1 Системний підхід до збору інформації про природні явища

План

1. Технології збору інформації за матеріалами аерокосмічних зйомок.
2. Технічні засоби, які можна використати для задачі моніторингу.
3. Поняття моделювання то його задачі.
4. Базові положення математико-картографічного моделювання.
5. Точність побудови моделей на основі даних моніторингу.
6. Геостатистичний аналіз даних спостережень.
7. Розробка плану досліджень та методики спостережень.
8. Визначення статистичних характеристик даних вибірки спостережень.
9. Статистичний аналіз явищ по карті екологічних змін.
10. Оцінка впливу окремих факторів на природне явище.
11. Використання модуля Geostatistical Analyst.

Довгострокова стратегія охорони та збереження природи, що розроблена за ініціативою вчених всього світу та підтримана в організації об'єднаних націй, потребує рішучого переходу від пасивної реєстрації нищівних наслідків численних екологічних порушень та частих катастроф до їхнього своєчасного попередження та запобігання.

Прийнята міжнародна програма (на рівні Міністерства з надзвичайних ситуацій України) спільних дій, яка передбачає створення системи надійного та широкомасштабного моніторингу навколишнього природного середовища.

Моніторинг має забезпечувати систематичне та оперативне слідкування (спостереження) за станом природного середовища з метою його контролю та управління правильним використанням усіх його складових.

Оцінка стану та прогноз зміни навколишнього природного середовища мають досить важливе значення для виявлення загрози порушення екологічної рівноваги в природі, а також велике сільськогосподарське значення.

Моніторинг має здійснюватись на трьох ієрархічних рівнях:

- регіональному;
- детальному;
- локальному.

Регіональний моніторинг – повинен охоплювати цілі економічні райони та надавати загальне уявлення про характер, масштаби, інтенсивності різних геологічних процесів, збитки які вони наносять сільськогосподарським об'єктам та природному середовищу, ефективність захисних заходів, що використовуються.

У залежності від ступеню освоєння території та інших факторів регіональний моніторинг може здійснюватись у широкому діапазоні масштабів від 1:100 000 до 1:500000.

Детальний та локальний моніторинг – повинен давати більш повне уявлення про розвиток екологічних процесів у межах окремих інженерних комплексів та споруд або їхніх комплексів.

Під час регіонального моніторингу за базові доцільно використовувати аерокосмічні методи, доповнюючи їх невеликою кількістю наземних досліджень. Під час детального та локального моніторингів основні дані будуть отримані наземними дослідженнями, а аерокосмічні методи стануть їхнім істотним доповненням.

Провідна роль у реалізації аерокосмічного моніторингу має належати знімкам, що виконуються в оптичному діапазоні спектру через їхній максимум корисної інформації.

Одним із важливих факторів стійкого розвитку України є ряд взаємозалежних задач щодо використання природних ресурсів, захищеності від масштабних загроз техногенного та природного характеру, охорони навколишнього середовища.

Прийняття обґрунтованих рішень для забезпечення сталого розвитку держави не можливе без аналізу існуючої ситуації, спостереження, моделювання та прогнозування стану довкілля.

На сучасному етапі ринкових трансформацій однією із важливих передумов сталого розвитку України є організація моніторингу забруднень та джерел забруднення, визначення рівнів забруднення усіх складових елементів та ресурсів природного середовища, виявлення найнебезпечніших для здоров'я людини місць, організація системного моніторингу за трансформацією ландшафтів, зміною стану наземних та водних екосистем під впливом антропогенних навантажень, прогноз динаміки впливів та навантажень на біосферу, а також оцінка негативних наслідків, що виникають при цьому.

Так звана «цифрова революція», яка вже давно відбулась у розвинутих країнах світу дала змогу, завдяки використанню комп'ютерних і аерокосмічних технологій, відстежувати з найретельнішою точністю просторові дані.

Світова практика свідчить про те, що найефективнішим засобом інформаційного забезпечення у разі вирішення даних проблем є аерокосмічні системи дистанційного зондування Землі.

Дистанційні методи зондування земної поверхні дають змогу одночасно охоплювати великі за площею території, забезпечити оперативність та визначення великої кількості параметрів земної поверхні та рослинності, здійснювати моніторинг, значно зменшуючи при цьому кількість складних та трудомістких хімічних аналізів, що спрощує і знижує собівартість досліджень.

Оксфордським університетом підтверджено, що використання аерокосмічного знімання та комп'ютерних технологій дає можливість знизити вартість моніторингу до 90%.

На сьогоднішній день орбіти супутників спроектовані таким чином, що є можливість постійного спостереження за станом земної поверхні, тобто можна оперативно та чітко відслідковувати зміни, що відбуваються у довкіллі (забруднення, пожежі, погіршення стану рослинності, пилові бурі, техногенні катастрофи). Слід зазначити, що вартість такої інформації постійно знижується.

Американські фермери вже достатньо тривалий час за відносно невисоку плату постійно стежать за станом своїх полів, щоб своєчасно та вибірково вносити дорогі добрива.

Що стосується геоінформаційних систем, то вони вже набули широкого розповсюдження для різних галузей сільського господарства.

Використовують можливості геоінформаційних систем для роботи з картографічними матеріалами (карти, плани, космічні знімки, цифрові моделі рельєфу), базами геоінформаційних даних, їх поєднання, аналізу, візуалізації, моделювання та оформлення і подання просторової інформації у вигляді цифрових карт, діаграм, тривимірних моделей місцевості для задач екологічного моніторингу [5].

Ефективність дослідження характеристик земної поверхні та процесів, що відбуваються на ній, за результатами дистанційного зондування Землі найчастіше може бути досягнута тільки під час сумісної обробки даних, одержаних у різний час, різними знімальними системами, з різних аерокосмічних апаратів та у різних діапазонах.

Оперативне отримання даних у системі моніторингу можливе лише за умов функціонування космічних апаратів на стаціонарній орбіті чи при використанні угруповань космічних апаратів. Залежно від розміру об'єктів спостереження та задач, що вирішуються, може бути достатнім використання апаратури дистанційного зондування Землі.

Пріоритетним напрямком розвитку засобів дистанційного зондування Землі, відповідно до Національної космічної програми України, для задоволення потреб користувачів є створення постійно діючої системи аерокосмічного моніторингу, основою якої можуть стати багатопозиційні системи, що дозволять суттєво підвищити оперативність отримання даних, інформативність космічних знімків та шумозахищеність системи для вирішення задач безпеки та оборони країни, а також інформації, необхідної для господарської діяльності, у тому числі – розв’язання наукових задач щодо оцінювання та прогнозування майбутнього стану довкілля.

Ведуться роботи над програмою «Високоефективні технології оцінювання параметрів природних середовищ земної поверхні з аерокосмічних носіїв» – у рамках координаційного плану «Наукові основи створення аерокосмічних технологій» Міністерства освіти і науки України.

Дистанційне зондування Землі забезпечує можливість оперативного збору даних у глобальному масштабі з високим просторовим та часовим розділенням, що і визначає значні інформаційні можливості аерокосмічних систем, можливість їх господарського, природо-екологічного, наукового та військового застосування, а також потенційну економічну ефективність.

Аерокосмічні знімки надають найточнішу та реальну інформацію про ситуації, які сталися.

Застосовуючи аерокосмічні знімки, ставляться такі основні завдання:

- оцінка еколого-санітарного стану об’єктів – виявлення джерел забруднення, контроль за динамікою розповсюдження;
- інвентаризація змін, визначення інтенсивності та масштабів процесів, реєстрація змін;
- визначення динаміки (як сезонної так і річної) і контроль коливань змін.

Використовуючи шляхи об’єднання класифікованих зображень за різні періоди, створюють карти, які вміщують зміни за цей період часу, карти екологічного забруднення, зон небезпеки, карти прогнозованого стану довкілля.

Аерокосмічний моніторинг для оцінювання та прогнозування майбутнього стану довкілля є масштабною багатофункціональною програмою екологічного управління.

У сучасних умовах ефективно вирішення перелічених задач неможливе без застосування інформаційних технологій. Використання передових засобів автоматизованого збору, обробки та подання інформації забезпечує якісно вищий рівень наукових досліджень внаслідок співставлення різноманітної інформації та комплексного підходу до вивчення природних явищ.

Інформаційне забезпечення наукових досліджень є визначальним чинником їх ефективності, актуальності результатів, узгодження зусиль різних наукових груп.

Інформація, що отримана з метеосупутників, дозволяє складати оперативні екологічні карти хмарового, льодового та снігового покривів, виявляти зародження ураганів та визначати напрямок і швидкість їх розповсюдження, розрізняти тип та етапи розвитку погодних умов, виявляти струменеві потоки в атмосфері, місцеві метеорологічні явища (шквали, грозову активність), досліджувати тепловий баланс Землі, визначати температуру хмарового покриву, поверхні суходолу та океану.

У зв'язку із специфікою вимог до метеоспостережень для глобального прогнозування та регіонального аналізу припускаються дві системи метеорологічних спостережень з використанням супутників:

- з централізованою обробкою даних (глобальне прогнозування);
- з автономним використанням даних (регіональна оцінка та прогноз).

Найдоцільнішими вважають системи, що складаються з чотирьох та шести метеосупутників, що обертаються на полярних кругових орбітах висотою від 600 км до 2000 км від усередненої земної поверхні, розташовані так, щоб супутники одночасно знаходилися приблизно на одній широті.

Метеорологічні супутники SMS (США) призначені для зйомки хмарового покриву в денний та нічний часи із стаціонарної орбіти, а також для ретрансляції метеорологічної інформації, вони передають космічні знімки хмарового покриву кожні 30 хвилин.

Проникнення людини в космос – природний і логічний крок, необхідність в цьому обумовлена двома основними причинами:

- отримання нових підходів та можливостей наукового дослідження і пізнання світу;
- пошук нових джерел для задоволення енергетичних потреб всього людства на планеті Земля, а отже, і вирішення однієї із глобальних екологічних проблем ресурсозберігання та природокористування.

Сучасний стан розвитку дистанційних досліджень дає змогу встановлювати певний перелік показників, необхідних для моделювання прогнозу врожайності в різні фази вегетації. Рациональне поєднання даних, одержаних дистанційними засобами спостереження, та даних наземних метеорологічних і агробіологічних спостережень дає змогу підвищити рівень інформаційного забезпечення прогнозування стану та врожайності сільськогосподарських культур.

Космічна сканерна зйомка здійснюється за допомогою супутників, що не повертаються, кожний з яких функціонує протягом декількох років та передає зареєстровану інформацію на Землю по радіоканалам.

З метою успішного здійснення космічної сканерної зйомки необхідно створити систему моніторингу, до якої входять:

- природо-ресурсні штучні супутники Землі;
- наземний командно-вимірювальний комплекс;
- канали зв'язку;
- центри приймання та обробки інформації;
- підсистема збору замовлень, каталогізації та розсилання знімків користувачам;
- геостаціонарні штучні супутники Землі, що приймають інформацію від природо-ресурсних штучних супутників Землі та направляють її на Землю.

Природо-ресурсна система здійснює періодичний глобальний огляд поверхні Землі, а використання її даних має міжнародний характер.

Космічна сканерна зйомка можлива при сонячному освітленні.

Для багатьох цілей комплексного моніторингу, тобто для контролю за повеннями, утворенням та сходженням лавин та селевих потоків, виверженнями вулканів, землетрусами, аварійним забрудненням морів та внутрішніх вод, зростанням та захворюванням посівів, а також для прийняття оптимальних рішень, пов'язаних з подібними явищами, необхідна високооперативна зйомка.

Виникає необхідність переходу від природо-ресурсних систем до багатоцільових систем дистанційного зондування та моніторингу поверхні Землі, які б забезпечували як глобальний огляд, так і зйомку окремих ділянок місцевості в необхідний момент та з необхідною частотою.

Ділянками, що реєструються, можуть бути:

- місто, що постраждало від землетрусу або іншого стихійного лиха;
- діючий вулкан;
- лісова пожежа;
- нафтові плями в морі;
- динаміка великої будівлі, греблі, кар'єру (під час аварійних ситуацій).

Характерний розмір подібних «гарячих ділянок» — декілька десятків кілометрів, а їх реєстрація часто необхідна лише протягом декількох діб активного розвитку процесу.

Системи моніторингу мають базуватися на можливості зйомки з нахилом, коли реєстрація заданих ділянок, що розташовані на різній відстані від траси, досягається нахилом осі датчика на різні кути поперек траси.

Дякуючи цьому, один супутник може знімати будь-які ділянки через добу, а два супутники – цілодобово.

Під *системами моніторингу* слід розуміти космічні системи, що призначені для частоті (навіть щодобової) зйомки численних заданих ділянок земної поверхні розмірами від 60 км до 200 км, супутники обладнані камерами з розрізненням порядку від 10 м до 20 м, що допускають як вертикальну сканерну зйомку, так і космічну сканерну зйомку з нахилом.

Для України характерні значна густота населення та досить висока концентрація промислового та сільськогосподарського виробництва. Тому слід здійснювати оперативний контроль екологічного стану екосистем, навантаження на які у деяких регіонах перевищує екологічно допустимі межі, це ускладнюється негативним впливом на природу наслідків аварії на Чорнобильській атомній електростанції, а також загрозою проникнення токсикантів із системи вода у підземні води, які забезпечують водопостачання значної частини населених пунктів країни.

Для вирішення актуальних задач раціонального природокористування необхідно створити сучасні засоби для отримання оперативної інформації про стан геосистем України.

Найбільш ефективними методами оперативного контролю геоекологічного стану є аерокосмічні методи зондування Землі в різних спектральних діапазонах. Сучасний рівень розвитку засобів дистанційного зондування Землі дозволяє отримати дані про параметри суші та води з необхідними просторовими елементами розрізнення та періодичністю поновлення інформації. Досвід експлуатації природо-ресурсних штучних супутників Землі показав перспективність та ефективність застосування методів дистанційного зондування Землі.

Як свідчить практика, найкращі результати досягаються за умови комплексного, синхронного проведення космічних та наземних досліджень, коли результати наземних вимірювань екстраполюються на картосхеми, одержані на основі космічних знімків.

Геоекологічне дешифрування матеріалів сучасних багатозональних космічних зйомок та їх інтерпретація з геолого-картографічними даними на урбанізовані території з небезпечними геологічними процесами дозволяють оцінити та прогнозувати розвиток цих процесів.

Створені цифрові шари об'єктів екологічного моніторингу дозволяють порівнювати та співставляти дані про характеристики екологічного стану, отримані у результаті вимірювань або спостережень.

Дані заносяться у відповідні поля атрибутивної таблиці та можуть використовуватись для автоматизованого опрацювання.

Можна виділити такі джерела отримання даних за способом збору та наповнення атрибутивних таблиць геоінформаційних систем [6]:

- пошук та впорядкування наявних даних;
- накопичення даних під час виконання незалежних досліджень, у цьому разі важливо наперед узгодити формат подання даних (особливо для таких характеристик, опис яких недостатньо формалізований);
- автоматизований збір даних з використанням серверних функцій, під час такого способу накопичення та архівування інформації необхідно розробляти спеціальне програмне забезпечення для перетворення даних у формат, прийнятний для використання в геоінформаційних системах.

Вибір формату подання даних є важливим у системах, що інтегрують різномірну інформацію з різних джерел.

У перших двох випадках доцільно використовувати прикладні програми загального призначення з пакету MS Office: Access для формування персональних баз даних та Excel для створення електронних таблиць.

Дані цих форматів можна легко включити в атрибутивні таблиці відповідних шарів геоінформаційних систем, наприклад, з подальшим їх розпізнаванням у системі ArcGIS [7].

Найбільші обсяги неперервного відбору даних за достатньою надійністю забезпечують технології автоматизованої реєстрації даних.

Наприклад, супутниковий знімок Європи, який поновлюється щогодини, розміщено у мережі Internet. Зображення періодично одержують за програмою, яку запускає системна служба сервера stop, за цими знімками відслідковують динаміку переміщення повітряних мас, що необхідно, наприклад, для вивчення процесів перенесення забруднень, дослідження та прогнозування шляхів та періоду міграції птахів.

У автоматичному режимі одержують також результати вимірювання характеристик стану ґрунту. Дані у текстовому форматі передаються щогодини на визначений FTP-сервер за протоколом GPRS, використовуючи послуги оператора мобільного зв'язку.

Важливим аспектом забезпечення сталого розвитку нашої держави є моніторинг довкілля, який повинен бути підтриманий на державному рівні, такий моніторинг дасть змогу мати актуальну інформацію про стан навколишнього середовища України, оперативно реагувати на його зміну та прогнозувати його стан на майбутнє.

Реалізація даного моніторингу потребує організації відповідної структури із забезпеченням її потрібним просторовим інформаційним матеріалом, програмним забезпеченням та висококваліфікованими фахівцями.

Наведені результати свідчать про наявність ряду особливостей, характерних для аерокосмічного моніторингу як системи оцінювання та прогнозування майбутнього стану довкілля. Ці особливості, як правило, зумовлені необхідністю відображення різнорідних екологічних чинників, для кожного з яких існують специфічні методи реєстрації, відбору, класифікації та подання даних. Слід зазначити, що топографічну основу необхідно створювати на основі декількох джерел (топографічні, космознімки, плани земельних ділянок, польові дослідження), які містять взаємно доповнювальні дані про об'єкти екологічного моніторингу.

Для узгодження розташування об'єктів на місцевості за допомогою незалежного GPS-приймача слід проводити вимірювання положення характерних точок (перетин доріг, мости), які легко розпізнаються на растрових зображеннях. Такий підхід дозволяє найповніше відобразити особливості досліджуваної території, а також виявити неточності в наявних даних.

Важливим джерелом інформації про стан екосистем є дані дистанційного зондування Землі. Результати класифікацій космознімків територій за допомогою таких програм як ENVI, ERDAS IMAGINE використовують для уточнення геометричних параметрів ряду об'єктів екологічного моніторингу.

Важливою ланкою є цифрові карти, доповнені атрибутивними даними з таксаційними описами кварталів. Структурування описових даних та прив'язка їх до об'єктів геоінформаційних систем дозволяє розв'язувати ряд практичних господарських та екологічних задач.

Під *моделлю* розуміють будь-який образ (зображення, опис, схема, креслення, графік, план, карта) якого-небудь об'єкта, процесу або явища.

Моделювання – це дослідження об'єктів пізнання на їх моделях [2].

Моделювання передбачає побудову та вивчення моделей реально існуючих предметів, явищ та об'єктів для визначення або поліпшення їх характеристик.

Математична модель – це модель об'єкта, процесу або явища, що є математичною закономірністю, за допомогою якої описані основні характеристики модельованого об'єкта, процесу або явища [2].

Під *картографічним моделюванням* слід розуміти створення, аналіз та перетворення карт та їх систем як моделей об'єктів, явищ та процесів з метою отримання систематизованих та нових знань про реальний світ.

Загальні принципи моделювання та можливості карт, як моделей, дають змогу визначити *специфічні принципи картографічного моделювання*.

Саліщев Константин Олексійович відзначив три основні принципи:

- принцип *математичної формалізації* забезпечує перехід від сферичної поверхні земної кулі до площини шляхом особливих картографічних проекцій;
- принцип *картографічної символізації*, що базується на використанні систем умовних знаків;
- принцип *картографічної генералізації*, що знаходить застосування у відборі головного, суттєвого та його цілеспрямованого узагальнення відповідно до призначення, тематики та масштабу карти.

Берлянт Олександр Михайлович додає до цих трьох ще принципи *системності та історизму*.

Математико-картографічне моделювання використовує властивості математичних та картографічних моделей у процесі аналізу-синтезу складної просторово-часової інформації [8].

Картографічна компонента продовжує та розвиває математичну модель. Картографічне подання математичних розрахунків дає змогу візуалізувати їх результати у вигляді, оптимальному для дослідження, позбавляє помилок та прорахунків, дає уявлення про точність математичного моделювання та його географічну вірогідність.

Сполучене використання картографічних та математичних моделей збагатило ці види моделювання. Математичні поняття були модифіковані стосовно географо-картографічних понять та термінів, а математичний апарат був перетворений з урахуванням просторових властивостей карти.

Математико-картографічне моделювання сформувалося на базі засобів та прийомів подання математичних моделей у картографічних знакових системах.

Розвиток кількісних методів у науках про Землю показав, що головне обмеження багатьох математичних моделей пов'язане з їх недостатньою просторовою диференційованістю.

Будь-який показник або рівняння, які одержані для деякої території (ареалу, району), ще не дають уявлення про зміни цього показника чи рівняння від одного місця до іншого в межах даної області або району, проте, саме в цьому полягає сутність просторового аналізу об'єкта.

Як зазначав Арманд Давид Львович, слід не лише одержати математичну модель, а й навчитися її картографічно подавати, відображаючи зміни математичних залежностей між об'єктами від одного місця до іншого, прив'язуючи їх до елементарних одиниць територіального поділу.

У математико-картографічному моделюванні з конструюванням порівняно простих моделей (ізолінійних карт, картограм, картодіаграм) застосовують більш складні, які потребують багатьох перетворень математичних залежностей у картографічну форму та навпаки.

Таким чином, *математико-картографічне моделювання* – це побудова та аналіз математичних моделей за даними, знятими з карт, а також створення нових похідних карт на основі математичних моделей.

Для математико-картографічного моделювання характерно системне поєднання математичних та картографічних моделей, при якому утворюються:

– ланцюжки:

«карта – математична модель – нова карта – нова математична модель і т.д.»;

– цикли та «дерева» перетворень – деревовидні комбінації, при яких на основі однієї математичної моделі створюється серія карт однієї тематики.

Отже, моделювання – це циклічний процес. Знання про досліджуваний об'єкт розширюються та уточнюються, а вихідна модель поступово вдосконалюється. Недоліки, що виявлені після першого циклу моделювання, зумовлені малим знанням об'єкта або помилками у побудові моделі, це можна виправити в наступних циклах.

Математико-картографічне моделювання дозволяє розраховувати значення будь-якого показника або явища на всій досліджуваній території на основі дискретно-розподілених даних. З цією метою використовуються різні методи геостатистичного аналізу, в основі якого лежить *інтерполяція*, *екстраполяція*, *апроксимація* даних та різні способи картографічного зображення, які засновані на класифікації даних.

Моделювання дозволяє на основі різних факторів здійснювати комплексну оцінку території для її придатності під певні поставлені завдання, проводити *районування*, *ранжування* та *кластеризацію*.

Моделювання на основі різночасових даних дозволяє нам оцінити динаміку розвитку будь-якого явища та дати якісний прогноз.

Виділяють три різновиди моделей [8]:

– математичні моделі, що будуються без врахування просторового координування явищ, результати реалізації яких не підлягають картографуванню;

– моделі, в яких результати картографують, але просторовий аспект не враховується на етапі реалізації математичних алгоритмів;

– моделі, в яких без урахування просторового положення явища неможливо реалізувати математичні розрахунки.

Соціоекосистема – це складна екосистема, що динамічно розвивається, складена з природних об'єктів, людського соціуму та об'єктів господарської діяльності людини.

Основними питаннями, що розв'язуються під час моделювання соціоекосистем, є прогнозування та оптимізація природокористування, тобто охорона та використання ресурсів (біологічних, мінеральних, земельних, водяних, повітряних, енергетичних).

Саме цю задачу дозволяє вирішити математико-картографічне моделювання соціоекосистем.

Теоретичні передумови виникнення методів математико-картографічного моделювання пов'язані з розвитком таких наук, як:

- кібернетика – загальна теорія керування, зв'язку та переробки інформації в кібернетичних системах різної природи, тобто в системах, що складаються з великої кількості взаємозалежних елементів, здатних сприймати, запам'ятовувати та переробляти інформацію, обмінюватися нею (електронно-обчислювальні машини, людський мозок, людський соціум);

- інформатика – загальна теорія структури та властивостей наукової інформації, а також організації збору, збереження, пошуку, переробки, перетворення, передачі та використання такої інформації;

- системологія – загальна теорія систем, до задач якої входить розробка математичного апарату опису систем (сукупностей взаємозалежних елементів) та встановлення ізоморфізму (аналогії) законів у різних галузях знань.

У рамках теорії систем – математичний об'єкт, адекватний природній системі, це система пов'язаних між собою блоків диференціальних або інтегрально-диференціальних рівнянь, що описують динаміку окремих елементів, зв'язаних потоками інформації.

Технічні передумови методів математико-картографічного моделювання

Через складність математичного апарату математико-картографічного моделювання, технічними передумовами його створення є наявність потужної комп'ютерної техніки та інформаційних систем, що дозволяють вирішувати найскладніші проблеми, які виникають при моделюванні соціоекосистем.

Методологічні передумови розвитку методів математико-картографічного моделювання

На базі кібернетики, інформатики та загальної теорії систем виникло системне моделювання, зокрема, системне моделювання соціоекосистем, яке, у свою чергу, побудоване на основі системного підходу та системного аналізу.

Системний підхід – це розгляд складних, але цілісних за своєю суттю об'єктів як систем (тобто сукупностей взаємодіючих елементів), спрямований на виявлення та вивчення типів зв'язків між елементами системи та зведення їх у єдину теоретичну картину.

Системний підхід базується на основному положенні загальної теорії систем, відповідно до якого будь-який достатньо складний об'єкт із великою кількістю внутрішніх зв'язків прагне структуруватися, тобто розділитися на підсистеми, що порівняно слабо взаємодіють одна з одною.

Системний підхід реалізується шляхом застосування *системного аналізу* (сукупності методологічних засобів системного моделювання з метою прийняття рішень стосовно складних проблем соціального, політичного, екологічного характеру).

Системний аналіз спирається на ряд математичних дисциплін та сучасних методів управління, його основна процедура полягає у побудові узагальненої моделі, що відображує структуру та динаміку взаємозв'язків у реальному об'єкті моделювання.

Системний підхід та системний аналіз є методологічними передумовами розвитку методів математико-картографічного моделювання.

Сучасна система моніторингу – це складний багатокомпонентний комплекс. У даний час окремі системи екологічного моніторингу об'єднують в єдину екологічну інформаційну систему.

Інформаційні передумови методів математико-картографічного моделювання

Метод математико-картографічного моделювання, незважаючи на наявність усіх передумов, неможливий без створення відповідної *інформаційної бази* – системи даних про значення контрольованих параметрів, прив'язаних до місцевості та часу, що одержують за допомогою стаціонарних, постійно діючих контрольних пунктів та виїзних (польових) лабораторій, які здійснюють періодичні та одноразові вимірювання, а також шляхом дистанційного зондування поверхні Землі за допомогою аерокосмічних апаратів.

Поява дистанційного зондування поверхні Землі за допомогою аерокосмічних апаратів послужила поштовхом до розвитку методів математико-картографічного моделювання у таких науках, як географія та картографія, надалі ці методи були з успіхом застосовані в соціоекології.

Спочатку моделі, що будувалися методами математико-картографічного моделювання, були двовимірними, однак, з розвитком комп'ютерної техніки з'явилися тривимірні математико-картографічні моделі.

Етапи математико-картографічного моделювання

Етап 1. Створення концептуальної моделі.

Дана модель відображує головні моменти, що повинні бути основою майбутньої моделі, відповідно до мети дослідження. Вона визначає склад вхідних параметрів та обмежень, що вводяться в імітаційну модель.

Етап 2. Розробка пакету прикладних програм.

Пакет прикладних програм для моделювання на електронно-обчислювальній машині створюється на основі концептуальної моделі.

Етап 3. Ретроспективний аналіз даних вимірювань.

Проводиться ретроспективний аналіз даних комплексного вивчення території, матеріалів її дистанційного зондування аеродинамічними апаратами. На основі такого аналізу будуються синтетичні картографічні моделі, тобто пакети тематичних карт території. За допомогою спеціальних значків, градації кольору або штрихування, системи горизонталей ці карти відображують стан та просторовий розподіл досліджуваних систем.

Застосовують такий типовий масштаб карт:

- 1:200 000 для області;
- 1:50 000 для району;
- 1:5 000 для міста.

Етап 4. Формування бази даних.

Інформація, яка подана у вигляді карт, кодується та переноситься в пам'ять електронно-обчислювальної машини у вигляді відповідної бази даних.

Етап 5. Створення машинних карт.

Використовуючи пакет прикладних програм, експертна група створює машинні карти, з якими можна працювати у діалоговому режимі відповідно до можливостей програмного забезпечення.

Дані карти відбивають результати моделювання, вони можуть виводитися на екран монітора в заданий момент або у необхідній послідовності, трансформуватися в організаційно-господарські карти.

Змінюючи вихідні параметри та імітуючи напрямок господарської діяльності, можна у реальному часі спостерігати можливі результати такої діяльності. Таким чином, шляхом підбору варіантів можливого використання можна оптимізувати природокористування у досліджуваній системі.

Отже, можна створити єдиний інформаційний простір з єдиною нормативно-методичною базою, необхідною для проведення еколого-економічних експертиз, для оцінки та прогнозу стану території та здоров'я населення.

Задачами соціоекологічного моделювання є:

- виявлення структури соціоекосистеми, особливостей функціонування структурних елементів та їх взаємозв'язків;
- визначення основних параметрів стійкості соціоекосистеми, а також оптимального стану соціоекологічних досліджень;
- визначення ступеня наближення (близькості) стану соціоекосистеми до критичної межі, що віддаляє гомеостаз від стану незворотного розпаду;
- прогноз розвитку соціоекосистеми при різних варіантах та стратегіях розвитку антропогенного втручання і антропогенної діяльності;
- визначення оптимальної функціональної структури досліджуваної соціоекосистеми (зокрема, оптимальне зонування території) та оптимального режиму природокористування;
- керівництво гармонійним розвитком соціоекосистеми.

Одна з головних властивостей соціоекосистеми – її прив'язаність до території. Звідси впливає потреба створення картографічних моделей, а тим більше математико-картографічних моделей, що відбивають просторово-часову мінливість соціоекосистеми.

Соціоекосистему неможливо цілком формалізувати, тому комп'ютерне моделювання це найбільш реалістичне моделювання, оскільки воно допускає особисту участь людини в моделі, що працює в діалоговому режимі з електронно-обчислювальною машиною, та забезпечує її здатність довільно втручатися у хід розвитку моделі.

У системі верхні інформаційні потоки несуть контрольну та зведену інформацію, локальні оцінки та прогнози, а нижчі – розпорядження, нормативно-методичне забезпечення управлінських рішень, глобальні оцінки та прогнози. Дані підсистеми забезпечують вирішення задач оцінки, аналізу та прогнозу і на цій основі підтримку прийняття рішень природоохоронних служб та адміністрацій.

Таким чином, екоінформаційні системи повинні бути орієнтовані на комплексне використання результатів екологічного моніторингу, забезпечуючи перетворення первинних результатів вимірювань в форму, придатну для підтримки прийняття рішень, що сприяють сталому розвитку окремих регіонів та планети в цілому. У міру переходу від первинних результатів екологічного моніторингу до знань про стан навколишнього середовища, змінюються методи роботи з інформацією. У такій системі можна виділити рівні, орієнтовані на вирішення різних задач екологічного моніторингу та відрізняються за методами роботи з екологічною інформацією.

2.2 Використання аерокосмічної інформації в природоохоронних проектах

План

1. Види аерокосмічного знімання та параметри, за якими визначають технологію отримання геозображень.
2. Особливості використання аерокосмічних зображень в ході вивчення та картографування природних ресурсів при різних видах моніторингу природного середовища.
3. Створення та редагування просторових моделей на цифровій карті.
4. Методи апроксимації рельєфу, точність методів.

На сьогодні майже скрізь відсутній ефективний зворотний зв'язок між наслідками забруднення та причинами, що його викликали, а це, у свою чергу, призводить до дисгармонії у системі:

«людина-промисловість-навколишнє середовище».

Основні причини, що знижують ефективність зворотного зв'язку між наслідками забруднення та причинами, які його викликають, такі:

– економічні вигоди чи втрати стоять на першому місці, а економічний збиток від забруднення навколишнього середовища не прогнозується, часто не усвідомлюється, відкладений з моменту забруднення або від моменту прийняття рішення, що спричинило його за собою;

– результати екологічної експертизи не доводяться або не доходять до свідомості більшості громадян, тому що вплив забруднення навколишнього середовища на здоров'я залежить від індивідуальних, вікових, соціальних та психофізіологічних особливостей жителів;

– оцінки та прогнози стану середовища промислового міста, що необхідні для обґрунтованого ведення планово-попереджувальних природоохоронних заходів, вимагають спеціальних знань у галузі точних та природничих наук, що виходять за вузькі рамки стандартних методик, які використовуються у практиці природоохоронних служб.

З точки зору інформаційних задач управління якістю навколишнього середовища основні проблеми полягають у тому, що:

– відсутній або ускладнений прогноз стану середовища міста у залежності від дій суб'єктів та стану об'єктів управління;

– результати оцінки або прогнозу не доходять до тих, кому вони призначені або подані у тому вигляді, в якому адресат їх не сприймає.

Неефективна робота традиційних систем отримання, обробки та передачі інформації призводить до порушень у системах прийняття рішень та дій, що управляють.

Ситуацію не можна виправити ні законодавчими, ні адміністративними заходами на етапі прийняття рішень без підвищення ефективності роботи міської інформаційної інфраструктури управління якістю навколишнього середовища. Щоб успішно управляти територією та раціонально розпоряджатися її ресурсами, потрібно добре уявляти собі узагальнені характеристики її стану та мати можливість оперативно та у наочній формі отримувати необхідні для прийняття рішень детальні відомості про об'єкти управління.

Дана проблема вирішується таким чином. Створюють розподілену інформаційну систему, в якій ієрархічна побудова відображає реальну адміністративну підлеглисть екологічних організацій, регламентує контроль та управляючий вплив.

Інформаційно-аналітична система екологічних служб міста – це розподілена інформаційна система, призначена для забезпечення засобами телекомунікації та математичного моделювання задач організації контролю, аналізу та прогнозу стану навколишнього середовища, а також на цій основі забезпечення задач управління якістю середовища.

Система багаторівнева та будується за ієрархічним принципом відповідно до реальної адміністративної та відомчої підпорядкованості екологічних організацій. Елементи системи – це автоматизовані робочі місця екологів: на промислових підприємствах, в екологічних службах, в організації охорони здоров'я, в адміністрації міста та району.

Кожне автоматизоване робоче місце еколога, з одного боку, повинне обслуговувати інтереси свого власника, з іншого боку, містити в собі властивості та функції, що відповідають корпоративним потребам відомчих, адміністративних та функціональних підсистем, до яких воно належить.

Необхідність обміну інформацією та передачі управлінських впливів об'єднує автоматизовані робочі місця екологів у цілісну загальноміську систему. Розподілена інформаційна система, в яку входять як природоохоронні, так і природокористувацькі організації, дозволяє створити функціональні (предметні) інформаційно-аналітичні, експертні та прогностичні підсистеми [6]:

- екологічного моніторингу повітряного та водного басейнів;
- моніторингу здоров'я жителів;
- прогностичні, довідкові та експертні підсистеми.

Підсистеми організовуються за рахунок горизонтальних та перехресних або міжвідомчих зв'язків, а також дозволяють використовувати експертний та модельно-прогностичний потенціал екологічних служб та науки.

Об'єкти реального світу, які розглядає геоінформатика, відрізняються просторовими, часовими та тематичними характеристиками [4].

Просторові характеристики визначають положення об'єкта у визначеній системі координат, основна вимога до таких даних – точність.

Часові характеристики фіксують час дослідження об'єкта та суттєві зміни властивостей об'єкта із часом, основна вимога до таких даних – актуальність, що означає можливість їх використання для обробки.

Тематичні характеристики описують різні властивості об'єкта, у тому числі економічні, статистичні, технічні та інші властивості, основна вимога до таких даних – повнота.

Для подання просторових об'єктів у геоінформаційних системах використовують просторові та атрибутивні типи даних.

Просторові дані – відомості, що характеризують місце розташування об'єктів у просторі відносно один одного та їх геометрію.

Просторові об'єкти подають за допомогою таких графічних об'єктів: точка, лінія, полігон, поверхня. Опис об'єктів здійснюється шляхом показу координат об'єктів та їх складових.

Точкові об'єкти – це такі об'єкти, кожний з яких розташований тільки в одній точці простору, яка представлена парою координат X , Y . Залежно від масштабу картографування, такими об'єктами можуть бути дерево, будинок.

Лінійні об'єкти, подані як одномірні, що мають один параметр – довжину. Ширина об'єкта не зазначається у даному масштабі, наприклад, річка, межа та огорожа, горизонталь рельєфу.

Полігони – це об'єкти, що подані набором планових координат (X, Y) або набором об'єктів на зразок лінії, що являє собою замкнений контур. Такими об'єктами можуть бути певні території, міста або цілі континенти.

Поверхні – це об'єкти, подані координатами X, Y, Z , де Z – значення висоти. Відновлення поверхонь здійснюється за допомогою використання математичних алгоритмів (інтерполяції та апроксимації).

Додаткові непросторові дані про об'єкти утворюють набір атрибутів.

Атрибутивні дані – це якісні або кількісні характеристики просторових об'єктів, що виражаються, як правило, у буквено-цифровому вигляді.

Прикладами таких даних є: географічні назви, видовий склад рослинності, характеристики ґрунтів, адреса будинків.

Різні види картографічних матеріалів у вигляді електронних та цифрових карт широко використовуються при оперативному управлінні промисловістю, транспортом, сільським господарством, аналізі соціальних ресурсів, плануванні використання матеріальних та природних ресурсів, пошуку корисних копалин, моніторингу екологічної обстановки, прийнятті рішень у надзвичайних ситуаціях. Засоби картографічного забезпечення дають можливість одержувати нові знання про Землю, місцевість, характеристики її елементів та об'єктів.

Цифрові карти створюють шляхом цифрування картографічних джерел, фотограмметричної обробки даних дистанційного зондування, цифрової реєстрації даних польових зніманих.

Цифрові карти є основою для виготовлення паперових, комп'ютерних, електронних карт, що входять до складу картографічних баз даних, є одним із найважливіших елементів інформаційного забезпечення геоінформаційних систем та можуть бути результатом їх функціонування.

Електронна карта – це картографічний матеріал, що є цифровими даними, у тому числі цифрові карти чи шари даних геоінформаційних систем.

Векторизація – переведення растрового зображення у векторне.

Для більшості традиційних карт процес створення по них цифрової карти є інтерпретацією вихідного матеріалу, оскільки традиційні карти створювались без урахування того, що їх будуть цифрувати і, взагалі, використовувати в середовищі геоінформаційних систем.

Інтерпретація виникає у випадках цифрування об'єктів, які зафіксовані умовними позначками об'єктів, на які накладені зверху умовні знаки чи підписи полігональних об'єктів, межі яких чітко не вказані на вихідній карті (квартали, які лежать на річці, дорога, яка пролягла через край озера).

Під час збільшення масштабу вихідної карти число ситуацій, які потребують такої інтерпретації, має тенденцію до зменшення, але розробка таких ситуацій передбачає значні витрати.

Вимоги до електронних та цифрових карт, які використовуються в геоінформаційних системах, впливають із переліку задач, що необхідно вирішити. Картографічний спосіб передачі інформації про місцевість має забезпечувати не тільки вивчення території країни та її регіонів, а і виконання розрахунків, моделювання ситуацій.

Картографічні проекції, які використовуються під час створення карт, мають забезпечувати суцільне картографування окремих регіонів, а також максимально можливої для відображення на площині частини земної поверхні з мінімальними спотвореннями кутів, ліній та площ.

Масштабний ряд карт має забезпечувати відображення місцевості з деталізацією та точністю, необхідною для вирішення задач усіх користувачів.

Повнота інформації. Зміст карт має бути повним, достовірним, сучасним, точним та забезпечувати вирішення задач в інтересах багатьох користувачів. Повнота змісту карт означає, що на них мають бути зображені всі типові риси, характерні елементи та об'єкти місцевості. Карти великого масштабу повинні містити всі елементи, об'єкти, підписи, що є на картах більш малого масштабу.

Достовірність (правильність даних, зображених на карті у певний час) та *сучасність* (сучасний стан відображених об'єктів) карти означають, що зміст карти має відповідати стану місцевості на момент використання.

Вимога точності карти (ступінь відповідності місцеположення об'єктів на карті їх місцеположенню у дійсності) полягає в тому, що зображені на ній об'єкти повинні зберігати точність свого місцеположення, геометричної подібності та розмірів відповідно до масштабу карти та її призначення.

Наочність. Ефективність передачі змісту карти, її читання та візуальна оцінка інформації про місцевість залежить від використаної системи засобів умовних знаків.

Основні вимоги, які висуваються до умовних знаків, такі:

- передача максимального обсягу інформації про зображені на картах об'єкти та явища мінімальною кількістю умовних знаків;
- досягнення найбільшої точності та вірогідності, наочності картографічного зображення та легкості його запам'ятовування;
- забезпечення автоматизованого зчитування, обробки та відтворення картографічного зображення.

Важливим засобом підвищення наочності картографічного зображення є кольорове оформлення, яке повинне сприяти максимальному розпізнаванню різних об'єктів на карті.

Для створення електронних тематичних карт за допомогою геоінформаційних систем важливо вибрати відповідні способи картографічного зображення. Класичні картографічні способи зображення відтворюються у геоінформаційних системах певними зображувальними засобами: діапазонами значень, стовпчиковими діаграмами, круговими діаграмами, градуйованими символами, точками, індивідуальними значеннями, поверхнями.

За допомогою геоінформаційних систем можна створити тематичну карту за групою умов, що перекриваються, декількома засобами відображення, поданням різних тем різними стилями (полігон, лінійний, точковий об'єкт), будь-якою кількістю тематичних змінних.

3 СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНСТРУМЕНТАРІЙ МОНІТОРИНГУ

3.1 Використання інструментальних геоінформаційних систем під час моніторингу навколишнього середовища

План

1. Загальні відомості про використання геоінформаційних систем для вирішення задач моніторингу.
2. Приклади вирішення природоохоронних задач за допомогою геоінформаційних систем.
3. Можливості спеціалізованих програмних продуктів та інструментів геоінформаційних систем.
4. Інтерфейс користувача типової геоінформаційної системи.
5. Пропозиції сучасного ринку геоінформаційних систем.

Серед усього розмаїття традиційних областей використання геоінформаційних систем помітно домінує нова її галузь – екологічна.

Використання геоінформаційних систем дозволяє оперативно отримувати інформацію по запиту та відображати її на картооснови, оцінювати стан екосистеми та прогнозувати її розвиток.

Можливості геоінформаційних систем, що застосовують під час моніторингу екологічної ситуації на певній території:

- введення, накопичення, зберігання та обробка цифрової картографічної та екологічної інформації;
- побудова на підставі отриманих даних тематичних карт, що відображають поточний стан екосистеми;
- дослідження динаміки зміни екологічної обстановки у просторі та часі, побудова графіків, таблиць, діаграм;
- моделювання розвитку екологічної ситуації в різних середовищах та дослідження стану екосистеми залежно від метеоумов, характеристик джерел забруднень, значень фонових концентрацій;
- отримання комплексних оцінок стану об'єктів навколишнього природного середовища на основі різнорідних даних.

Екологічні проблеми часто вимагають негайних та адекватних дій, ефективність яких безпосередньо пов'язана з оперативністю обробки та подання інформації.

При комплексному підході, характерному для екології, зазвичай, доводиться спиратися на узагальнюючі характеристики навколишнього середовища, внаслідок чого, обсяги навіть мінімально достатньої вихідної інформації, безсумнівно, повинні бути великими.

У деяких випадках обґрунтованість дій та рішень навряд чи може бути досягнутою. Однак, простого накопичення даних теж, на жаль, недостатньо, дані повинні бути легкодоступні та систематизовані відповідно до потреб. Добре, якщо є можливість зв'язати різнорідні дані один з одним, порівняти, проаналізувати, просто переглянути їх у зручному та наочному вигляді, наприклад, створивши на їх основі необхідну таблицю, схему, креслення, карти, діаграму.

Угруповання даних у потрібному вигляді, їх належне зображення, зіставлення та аналіз цілком залежать від кваліфікації та ґрунтованості дослідника, обраного ним підходу інтерпретації накопиченої інформації.

На етапі обробки та аналізу зібраних даних істотне місце займає технічна оснащеність дослідника, що включає відповідні апаратні засоби та програмне забезпечення для вирішення поставлених завдань. В усьому світі застосовують сучасну потужну технологію географічних інформаційних систем.

Геоінформаційні системи з успіхом використовуються для створення карт основних параметрів навколишнього середовища.

Наприклад, під час отримання нових даних, створені карти використовують для виявлення масштабів та темпів деградації флори та фауни.

За допомогою введених дистанційних даних, зокрема, супутникових, та звичайних польових спостережень можна здійснювати моніторинг місцевих та широкомасштабних антропогенних впливів.

Дані про антропогенні навантаження доцільно накласти на карти зонування території з виділеними областями, що викликають особливу зацікавленість з природоохоронної точки зору, наприклад, парки, заповідники та заказники.

Оцінку стану та темпів деградації природного середовища можна проводити по виділених на всіх шарах карти тестовим ділянкам.

За допомогою геоінформаційних систем зручно моделювати вплив та поширення забруднення від точкових та неточкових (просторових) джерел на місцевості, в атмосфері та по гідрологічній мережі.

Результати модельних розрахунків можна накласти на природні карти, наприклад, карти рослинності, або ж на карти житлових масивів у певному районі.

У результаті можна оперативно оцінити найближчі та майбутні наслідки таких екстремальних ситуацій, як розлив нафти та інших шкідливих речовин, а також вплив постійно діючих точкових та площинних забруднювачів.

Ще одна поширена сфера застосування геоінформаційних систем – збір та управління даними по охоронним територіям, такими як заказники, заповідники та національні парки.

У межах охоронних територій можна проводити повноцінний просторовий моніторинг рослинних спільнот, цінних та рідкісних видів тварин, визначати вплив антропогенних втручань, таких як туризм, будівництво доріг або ліній електропередач, планувати та доводити до реалізації природоохоронні заходи.

Можливе виконання багатокористувацьких задач, наприклад, регулювання випасу худоби та прогнозування продуктивності земельних угідь.

Такі задачі геоінформаційна система вирішує на науковій основі, тобто вибираються рішення, що забезпечують мінімальний рівень впливу на дику природу, збереження на необхідному рівні чистоти повітря, водних об'єктів та ґрунтів, особливо в часто відвідуваних туристами районах.

Регіональні та місцеві керівні структури широко застосовують можливості геоінформаційних систем для отримання оптимальних рішень проблем, пов'язаних з розподілом та контрольованим використанням земельних ресурсів, улагоджуванням конфліктних ситуацій між власником та орендарями земель.

Корисним, і часто необхідним, буває порівняння поточних кордонів ділянок землекористування до зонування земель та перспективними планами їх використання.

Геоінформаційна система забезпечує також можливість зіставлення меж землекористування з вимогами дикої природи. Наприклад, у ряді випадків буває необхідним зарезервувати коридори міграції диких тварин через освоєння території між заповідниками або національними парками.

Постійний збір та оновлення даних про межі землекористування може надати велику допомогу під час розробки природоохоронних, у тому числі адміністративних та законодавчих заходів, відслідковувати їх виконання, своєчасно вносити зміни та доповнення в існуючі закони та постанови на основі фундаментальних наукових екологічних принципів та концепцій.

Геоінформаційна система є ефективним засобом для вивчення середовища проживання в цілому, окремих видів рослинного та тваринного світу в просторовому та часовому аспектах.

Якщо встановлені конкретні параметри навколишнього середовища, необхідні, наприклад, для існування будь-якого виду тварин, включаючи наявність пасовищ та місць для розмноження, відповідні типи та запаси кормових ресурсів, джерела води, вимоги до чистоти природного середовища, то геоінформаційна система допоможе швидко підшукати райони з відповідною комбінацією параметрів, у межах яких умови існування або відновлення чисельності даного виду будуть близькі до оптимальних.

На стадії адаптації переселеного виду до нової місцевості геоінформаційна система ефективна для моніторингу найближчих та віддалених наслідків вжитих заходів, оцінки їх успішності, виявлення проблем та пошуку шляхів їх подолання.

Функціональні інтегральні можливості геоінформаційної системи у найбільш явному вигляді проявляються та сприяють успішному проведенню спільних міждисциплінарних досліджень, вони забезпечують об'єднання та накладення один на одного будь-яких типів даних, щоб їх можна було відобразити на карті.

До подібних досліджень відносяться, наприклад, такі:

- аналіз взаємозв'язків між здоров'ям населення та різноманітними (природними, демографічними, економічними) факторами;
- кількісна оцінка впливу параметрів навколишнього середовища на стан локальних та регіональних екосистем та їх складових;
- визначення доходів землевласників у залежності від переважаючих типів ґрунтів, кліматичних умов, віддаленості від міст;
- виявлення чисельності та щільності ареалів поширення рідкісних та зникаючих видів рослин у залежності від висоти місцевості, кута нахилу та експозиції схилів.

Геоінформаційна система спрощує процедуру публікації будь-яких видів картографічної продукції. За допомогою вбудованої мови програмного забезпечення (наприклад, ARC / INFO ARC Macro Language (AML)) можна написати програми автоматичного створення будь-яких типів друкованих карт, графіків, діаграм та таблиць [6].

Крім того, прості програмні продукти (наприклад, ArcView GIS) дозволяють переглядати та безпосередньо оперувати з даними, що містяться у базі даних геоінформаційної системи, навіть малодосвідченому користувачеві.

За допомогою таких простих та легкодоступних програм будь-який користувач має можливість зчитувати та роздруковувати карти (записані, наприклад, на CD-ROM у форматі геоінформаційної системи ARC / INFO).

Оскільки створення паперових карт за допомогою геоінформаційних систем значно спрощується та здешевлюється, з'являється можливість отримання великої кількості різноманітних природних карт.

З огляду на простоту копіювання та виробництва картографічної продукції її може використовувати практично будь-який науковець, викладач або студент. Більше того, стандартизація формату та компонування базових карт служить основою для збору та демонстрації даних, отриманих науковцями, обміну даними між навчальними закладами та створення єдиної бази по регіонах та в національному масштабі.

Можна підготувати спеціальні карти для землевласників з метою ознайомлення їх з планованими природоохоронними заходами, схемами буферних зон та екологічних коридорів, які створюються у даному районі та можуть торкнутися їх земельних ділянок.

У міру розширення та поглиблення природоохоронних заходів однією з основних сфер застосування геоінформаційних систем стає стеження за наслідками вжитих дій на локальному та регіональному рівнях.

Джерелами оновленої інформації можуть бути результати наземних зйомок або дистанційних спостережень з повітряного транспорту та з космосу.

Використання геоінформаційних систем ефективно для моніторингу умов життєдіяльності місцевих та привнесених видів, виявлення причинно-наслідкових ланцюжків та взаємозв'язків, оцінки сприятливих та несприятливих наслідків вжитих природоохоронних заходів на екосистему в цілому та окремі її компоненти, прийняття оперативних рішень щодо їх коригування залежно від мінливих зовнішніх умов.

Отже, усі моніторингові дані повинні бути прив'язані до певних об'єктів.

Слід зазначити, що під час роботи з конкретними об'єктами активно використовуються географічні інформаційні системи, які дозволяють працювати з різними цифровими картографічними матеріалами, а також оперативно доповнювати їх свіжими моніторинговими даними [4].

Отже, під час використання геоінформаційних систем всі дані всіх масштабів зберігаються на комп'ютерних носіях і можуть бути в подальшому використані.

Створення блоку моделей для інформаційно-аналітичної системи управління якістю середовища промислового міста потребує практично всього арсеналу сучасної науки. Починають з більш простих, актуальних та близьких до реалізації моделей, що застосовуються в екологічній експертизі, які необхідно налаштувати або допрацювати відповідно до місцевих умов та задач.

3.2 Застосування геоінформаційних систем для вирішення задач екологічного моніторингу

План

1. Функціональні можливості ArcGIS.
2. Визначення характеристик об'єктів і природних явищ по карті.
3. Виконання статистичного аналізу явищ по електронній карті екологічного моніторингу.

Геообробка призначена для всіх користувачів ArcGIS [7]. Головними цілями геообробки є надання інструментів та основ виконання геоінформаційного аналізу та управління географічними даними. Можливості моделювання та аналізу, які надає геообробка, роблять ArcGIS повноцінною геоінформаційною системою [4]. Геообробка включає в себе велику кількість інструментів для вирішення геоінформаційних задач, починаючи від простої побудови буфера та накладення полігонів до комплексного регресійного аналізу та класифікації зображень.

Багато із задач, які необхідно автоматизувати, можуть бути звичайними, наприклад, перетворити групи даних з одного формату в інший, або задачі, які можуть бути дуже креативними, вирішення яких вимагає послідовності операцій моделювання та аналізу комплексних просторових відношень, наприклад:

- розрахунок оптимальних маршрутів через транспортну мережу;
- прогнозування поширення природних пожеж;
- аналіз та знаходження закономірностей;
- визначення територій, схильних до зсувів;
- прогноз повені внаслідок злив.

Геообробка базується на загальному середовищі перетворення даних.

Стандартний інструмент геообробки здійснює операції з набором даних ArcGIS та створює новий набір даних як результат роботи інструменту. Кожен інструмент геообробки виконує невелику, але важливу операцію з географічними даними.

Геообробка дозволяє складати ланцюжки інструментів, коли заключні дані попереднього інструменту є вихідними для наступного, тому можна використовувати цю можливість для формування необмеженого числа моделей геообробки (послідовність застосування інструментів), які допоможуть автоматизувати роботу та вирішити складні проблеми.

Геостатистика – це розділ статистики, який займається аналізом та прогнозуванням значень, пов'язаних з просторовими та просторово-часовими явищами. Геостатистика включає просторові координати аналізованих даних.

Багато геостатистичних інструментів спочатку були розроблені як практичні засоби опису просторових моделей та інтерполяції значень для розташування, в яких не проводилися вимірювання. Згодом такі інструменти та методи розвинулися і тепер надають не тільки інтерпольовані значення, але і міри невизначеності для таких значень. Вимірювання невизначеності важливо для обґрунтованого прийняття рішень, оскільки вона надає відомості про можливі значення (результати) для всіх місць розташування, а не тільки для одного проінтерпольованого значення.

Геостатистичний аналіз також пройшов шлях від одновимірного до багатовимірного і сьогодні пропонує механізми, що враховують допоміжні набори даних, які доповнюють основні змінні, дозволяючи створювати більш точні моделі інтерполяції та невизначеності.

Геостатистика широко використовується в багатьох областях науки та інженерних роботах, наприклад таких [6]:

- у гірничодобувній галузі геостатистика використовується на різних етапах проекту: спочатку вона дозволяє кількісно оцінити обсяг мінеральних ресурсів та визначити економічну рентабельність проекту, а потім у міру надходження оновлених даних геостатистика дозволяє на регулярній основі приймати рішення про те, яка порода повинна надходити на збагачувальну фабрику, а яка є відходами;

- у науках про навколишнє середовище геостатистика використовується для оцінки рівня забруднення та дозволяє визначити чи є таке забруднення загрозою для екології або здоров'я людини та чи потребує воно усунення наслідків;

- відносно недавнє застосування в ґрунтознавстві пов'язано з картуванням рівнів поживних речовин в ґрунті (азот, фосфор, калій) та інших показників (включаючи електропровідність) з метою вивчення їх зв'язку з урожаєм та розрахунком точних обсягів добрив для різних ділянок поля;

- у метеорології геостатистика використовується для прогнозування температур, опадів та пов'язаних явищ (наприклад, кислотних дощів);

- нещодавно геостатистики стала застосовуватися в галузі охорони здоров'я, наприклад, для передбачення рівнів забруднення навколишнього середовища і їх зв'язку з частотою ракових захворювань.

У всіх цих прикладах загальним є наявність деякого цікавого явища, яке присутнє в досліджуваному ландшафті (наприклад, рівень забруднення ґрунту, води, повітря або наявність золота чи іншого металу в породі). Масштабні дослідження вкрай затратні та вимагають багато часу, тому явище досліджують на підставі зразків, узятих у різних місцях.

За допомогою методів геостатистики складаються прогнози (оцінюються пов'язані заходи невизначеності інтерполяції).

В ArcGIS додаток Geostatistical Analyst надає набір інструментів, що дозволяють створювати моделі, які використовують просторові координати, такі моделі можуть бути застосовані в широкому ряді сценаріїв, зазвичай, вони використовуються для інтерполяції значень позаопорних місцях розташування та вимірювання невизначеності цієї інтерполяції.

Перший крок, як і в будь-якому дослідженні, – це ретельне вивчення даних. Цей процес починається з картографування набору даних з використанням класифікації та колірної схеми, що дозволяють ясно відобразити важливі характеристики, які може містити набір даних, наприклад:

- сильне зростання значень з півночі на південь;
- поєднання високих та низьких значень поза певного порядку (це може означати, що дані були відібрані в масштабі, що не відображає просторову кореляцію);
- більш щільно відібрані зони (преференційна вибірка), що може призвести до вирішення використовувати ваги декластеризації в аналізі даних;

Другий крок – це побудова геостатистичної моделі. Цей процес може включати кілька кроків у залежності від цілей вивчення (типів інформації, яку вірогідно надає модель) та від характеристик набору даних, які вважалися досить важливими для включення.

На цьому кроці інформація, що зібрана під час ретельного дослідження набору даних, та первинні знання про явище, визначають рівень складності моделі та ступінь точності інтерпольованих значень і заходів невизначеності.

Побудова моделі може включати [3]:

- попередню обробку даних для видалення просторових трендів, які моделюються окремо і додаються назад на фінальному етапі процесу інтерполяції;
- перетворення даних для більшої відповідності гауссовому розподілу (потрібно для декількох методів та заключних даних моделі);
- декластеризацію набору даних для компенсації преференційної вибірки.

Велику кількість інформації можна отримати ретельно досліджуючи набір даних, однак, важливо включити будь-які відомості, які можуть бути про явище спочатку. Розробник не може покладатися тільки на набір даних, щоб показати всі важливі характеристики. Характеристики, що не відобразяться, можуть бути включені в модель шляхом налаштування значень параметрів для відображення очікуваного результату.

Дуже важливо, щоб модель була реалістичною, наскільки це можливо, для точного подання інтерпольованих значень та пов'язаних з ними невизначеностей як характеристики реального явища.

Крім попередньої обробки даних, у наборі даних може бути необхідно змодельовати просторову структуру (просторову кореляцію). Деякі методи, наприклад, крігінг, вимагають ретельного моделювання з використанням функцій варіограми або коваріації, тоді як інші методи, такі як метод зворотних зважених відстаней, спираються тільки на передбачувану ступінь просторової структури, інформацію про яку проектувальник повинен надати на основі попередніх даних про явище.

Підсумковим компонентом моделі є пошук стратегії. Стратегія визначає, як багато точок даних буде використовуватися для обчислення значення для неопорного розташування. Також можна задати їх просторову конфігурацію (положення відносно один одного та неопорного розташування).

Обидва фактора впливають на інтерпольоване значення та пов'язану з ним невизначеність. Для багатьох методів задається еліпс пошуку поряд з кількістю секторів еліпсу та кількістю точок, взятих з кожного сектору для побудови прогнозу.

Після того як модель повністю задана, вона буде використана разом з набором даних для створення інтерпольованих значень для всіх неопорних розташувань, що знаходяться в області інтересу.

Підсумком, зазвичай, є створення карти, яка б показала значення змодельованої змінної. Підсумок випадаючих значень може бути досліджено на цьому кроці, оскільки ці значення, можливо, змінять значення параметру моделі, і, таким чином, зміниться інтерполяція карти.

Залежно від методу інтерполяції, також можна використовувати схожу модель для обчислення міри невизначеності інтерпольованих значень. Не всі моделі мають цю можливість тому важливо спочатку задати чи необхідне вимірювання невизначеності, це, у свою чергу, визначить, яка з моделей є пріоритетною.

Оскільки використовуються всі типи моделювання, результат моделювання необхідно перевірити, тобто переконатися, що інтерпольовані значення та пов'язані з ними міри невизначеності є значущими та відповідають очікуванням.

Після побудови відповідної моделі, її налаштування та перевірки результату, отримані результати можуть бути використані в аналізі ризиків та прийняття рішень.

Модуль ArcGIS Geostatistical Analyst надає можливість моделювання поверхні з використанням детермінованого та геостатистичного методів. Надані інструменти повністю інтегровані в середовище геоінформаційного моделювання та дозволяють фахівцям створювати моделі інтерполяції та оцінювати їх якість до використання в подальшому аналізі.

Поверхні можуть надалі використовуватися в моделях (ModelBuilder та Python), відображатися та аналізуватися за допомогою інших додаткових модулів ArcGIS, таких як ArcGIS Spatial Analyst та ArcGIS 3D Analyst.

Майстер операцій геостатистики (Geostatistical Wizard) – це динамічний набір сторінок, які розроблені з метою провести процес побудови моделі інтерполяції та оцінки її якості.

Вибір, зроблений на сторінці, визначає доступні параметри на наступних сторінках та способи взаємодії з даними для побудови відповідної моделі.

Майстер веде від точки вибору методу інтерполяції до перегляду підсумкової статистики, що дозволяє оцінити очікувану якість моделі.

Під час побудови моделі інтерполяції майстер дозволяє вносити зміни в значення параметрів, пропонує оптимальні значення та дозволяє рухатися вперед або повертатися назад для оцінки результатів перехресної перевірки, щоб визначити чи задовольняє поточна модель вимогам, чи необхідно змінити значення параметрів.

Така гнучкість, у доповненні до перегляду динамічних даних та поверхонь, робить майстер повнофункціональним середовищем для побудови моделей інтерполяції.

Майстер Geostatistical Wizard надає доступ до кількох методів інтерполяції, які поділяються на два типи: детерміновані та геостатистичні.

Необхідно чітко розуміти задачі вивчення та способи прогнозування значень, а також володіти іншою супутньою інформацією для прийняття більш обґрунтованих рішень під час вибору методу.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки для виконання практичних, розрахунково-графічної та самостійної робіт з навчальної дисципліни «Геоінформаційні системи в задачах моніторингу» (для студентів 1 курсу денної форми навчання спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій спеціалізації (освітньої програми) «Геоінформаційні системи і технології») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. І. С. Творошенко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 91 с.

2. Творошенко І. С. Конспект лекцій з дисципліни «Геоінформаційні системи в управлінні територіями» (для студентів 5 курсу денної форми навчання спеціальностей 7.08010105 – Геоінформаційні системи та технології, 8.08010105 – Геоінформаційні системи та технології та студентів 6 курсу заочної форми навчання спеціальності 7.08010105 – Геоінформаційні системи та технології) / І. С. Творошенко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 87 с.

3. Методичні вказівки до виконання практичних та самостійних робіт з дисципліни «Геоінформаційні системи в управлінні територіями» (для студентів 5 курсу денної форми навчання спеціальностей 7.08010105 – Геоінформаційні системи та технології, 8.08010105 – Геоінформаційні системи та технології) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : І. С. Творошенко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 115 с.

4. Шипулін В. Д. Основні принципи геоінформаційних систем / В. Д. Шипулін. – Харків : ХНАМГ, 2012. – 312 с.

5. Шипулін В. Д. Планування і управління проектами ГІС : навч. посібник ХНАМГ / В. Д. Шипулін, Е. І. Кучеренко. – Харків : ХНАМГ, ХНУРЕ, 2009. – 158 с.

6. Світличний О. О. Основи геоінформатики : навч. посібник / О. О. Світличний, С. В. Плотницький. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с.

7. Светличный А. А. Географические информационные системы : учеб. для вузов / А. А. Светличный, В. Н. Андерсон, С. В. Плотницкий. – М. : Недра, 1996. – 122 с.

8. Michael Zeiler Моделирование нашего мира. Пособие ESRI по проектированию баз геоданных / Michael Zeiler. – Киев : ECOMM, 2003. – 182 с.

Навчальне видання

ТВОРОШЕНКО Ірина Сергіївна

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни

«ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В ЗАДАЧАХ МОНІТОРИНГУ»

*(для студентів 1 курсу денної форми навчання
спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій
спеціалізації (освітньої програми) «Геоінформаційні системи і технології»)*

Відповідальний за випуск *К. А. Мамонов*

За авторською редакцією

Комп'ютерний набір *І. С. Творошенко*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2017, поз. 33 Л

Підп. до друку 27.03.2017 р.
Друк на ризографі
Зам. №

Формат 60×84/16
Ум. друк. арк. 3,2
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017 р.